دور التكنولوجيا الحيوية فى معالجة المخلفات

د. محمد سعد زغلول سالم

أستاذ الوراثة الطبية ـــ كلية طب جامعة عين شمس

عضو لجنة الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية

المجلس القومى للتعليم والبحث العلمى والتكنولوجيا

المجالس القومية المتخصصة

mszsalem@hotmail.com & mszsalem@yahoo.com

مارس ٢٠١٠

فهرس المحتويات

أولاً : مقدمة

تنتج المخلفات من الأنشطة الحيوية الآدمية والحيوانية والزراعية إضافة إلى الأنشطة الصناعية والحرفية والبيئية المختلفة. وتشكل المخلفات النواتج النهائية لهذه الأنشطة المتنوعة وبذا فهى تمثل حلقةً هامة فى سلسلة المنظومة الحيوية التى يحيا فى إطارها الكائنات الحية والتى تعتمد فى إنتظامها وإستقرارها وكفاءتها على التوازن السليم بين مدخلات ومخرجات العناصر المكونة لهذه المنظومة. وتستطيع المنظومات الحيوية المحدودة التى تشمل أعدادا متناسبة من البشر والحيوانات والنباتات إحداث التوازن المطلوب لها بواسطة الآليات الطبيعية الفطرية دونما حاجةٍ إلى تدخلات خارجية. ففى التجمعات البشرية الصغيرة مثلاً يستهلك البشر ما يحتاجون إليه من مكونات الحيوانات والنباتات ويستخدمون مخلفاتهم كوقود وسماد كما تتكفل المياه الجوفية والآليات البيئية الأخرى بالتخلص من المخلفات الآدمية. ولذا لا يتسبب إنتاج المخلفات فى إحداث أى مشاكل بيئية إلا إذا إختل هذا التوازن الدقيق بين مدخلات ومخرجات

المنظومة الحيوية البيئية وهو ما يحدث عندما تتضاعف أعداد البشر وتتزايد أنشطتهم البيئية المختلفة بما يفوق قدرة الآليات والأنظمة البيئية الفطرية والموضوعة على الحفاظ على هذا التوازن فى مواجهة هذا الإختلال.

ويمثل هذا الإختلال البيئى أحد أكبر المصادر وأخطرها على إستقرار المنظومة الحيوية الشاملة فهو يؤدى إلى إنتاج المخلفات بكميات كبيرة ومتزايدة تتسبب بدورها فى إحداث العديد من المشكلات البيئية الخطيرة مثل تلوث الهواء وتلوث المياه وتلوث التربة والتى تتسبب بدورها فى إحداث العديد من المشكلات الصحية للبشر والحيوانات والنباتات وهى العناصر الرئيسية المكونة لهذه المنظومة. ولذا تشكل الجهود البشرية المختلفة لمواجهة هذا الإختلال البيئى الأمل الوحيد للحفاظ على سلامة وإستقرار المنظومة الحيوية الشاملة التى يحيا فى إطارها جميع الأحياء.

ثانياً : أنواع المخلفات

تنقسم المخلفات إلى قسمين رئيسيين هما المخلفات العضوية والمخلفات غير العضوية. ويشمل كل قسم من هذين القسمين بدوره ثلاثة أنواع مختلفة هى : المخلفات الصلبة والمخلفات السائلة والمخلفات الغازية. كما تشمل المخلفات العضوية صنفين رئيسيين هما المخلفات العضوية الحيوية مثل بقايا ومخلفات البشر والحيوانات والنباتات والميكروبات والمخلفات العضوية غير الحيوية مثل المركبات العضوية. ويمكن تقسيم المخلفات تبعا لصفاتها الغالبة إلى مخلفات صلبة خامدة ومخلفات كيميائية ومخلفات مُشعَّة ومخلفات بيولوجية كما تتدرج المخلفات تبعا لدرجة خطورتها من مخلفات ذات آثار غاية فى الخطورة مثل المخلفات المشعة والمخلفات الكيميائية العضوية كبقايا المبيدات والمخلفات الكيميائية غير العضوية مثل بقايا عناصر الرصاص والزئبق إلى مخلفات تكادُ لا تمثل أى خطورة مثل بعض مخلفات البناء ومخلفات المعادن الصلبة مرورا بالمخلفات الضارة والخطرة والممرضة .. إلخ. ورغم إختلاف دلالة الخطورة بين معظم البلدان إلا أنه يمكن إعتبار المخلفات أو النفايات المحتوية على أو التى تشمل ضمن مكوناتها مركبات الفوسفور العضوية أو مركبات السيانيد أو الفينول أو مثيلاتها من المركبات ذات السمية العالية أو المركبات المعدنية أو المذيبات العضوية المُهَلْجَنَة أى التى تحتوى على أى من الهالوجينات مثل الكلور أو المركبات العضوية المُهَلْجَنَة أو الأحماض العضوية أو الأحماض المعدنية أو الأسبستوس نفايات ذات درجة خطورة عالية. ويندرج تحت كل فرعٍ من هذه الأقسام والأنواع السابق ذكرُها العديدُ مما يصعب حصرُه من أصناف نظرا لتنوع خواص وصفات ومصادر إنتاج هذه المخلفات.

ثالثاً : مصادر المخلفات

١. مخلفات التجمعات السكانية (القمامة & مخلفات البناء).
٢. مخلفات المستشفيات (القمامة & المخلفات المُمْرِضَة البيولوجية والكيميائية والإشعاعية).
٣. مخلفات الصرف الصحي.
٤. مخلفات الصرف الزراعي.
٥. مخلفات الصرف الصناعي.

٦. المخلفات الزراعية.

٧. المخلفات الحيوانية.

٨. المخلفات السمكية.

٩. المخلفات المحتوية على كائنات دقيقة حية المتبقية كنتاج لمعامل الأبحاث التعليمية أو المعامل التجارية أو معامل أبحاث الشركات الكبرى.

١٠. المخلفات الصناعية الصلبة.

١١. المخلفات ذات الطبيعة الخاصة مثل مخلفات بطاريات وأحبار ومكونات أجهزة الكمبيوتر والتليفونات المحمولة والأجهزة الحديثة الأخرى التى تستخدم مكونات شبيهة أو مماثلة.

١٢. مخلفات الكوارث الطبيعية مثل نواتج الإنفجارات البركانية كالغازات السامة والحمم السائلة والمتجمدة.

١٣. المخلفات غير التقليدية مثل مخلفات الحروب الإشعاعية والكيميائية والبشرية والتقليدية.

رابعاً : أضرار المخلفات

١. يتسبب إنتاج وتراكم أنواع عديدة من المخلفات والملوثات مثل الإنبعاثات الصناعية الغازية الحرارية والتلوث المتزايد للتربة الزراعية وللمياه الجوفية فى إحداث أضرار جسيمة نتيجة الإختلال فى منظومات التوازن الحيوى البيئى المختلفة التى ساهمت منذ نشأة الحياة وتساهم حتى الآن فى تهيئة افضل الظروف المناخية والطبيعية لوجود وإستمرار الحياة على كوكب الأرض مما يهدد هذا الوجود بالتدهور النوعى الكيفى على المدى البعيد بسبب التراكم المتزايد والمستمر لهذه المخلفات التى تقلل إلى حدٍ كبير من قدرة الأحياء على الإحتمال والتكيف مع الظروف البيئية المتنوعة.

فإنتاج وتراكم المخلفات الضارة فى البيئة يؤدى إلى تلوث الهواء بصورة متزايدة وهو ما يتسبب . فضلا عن أضراره الصحية على البشر والحيوانات . فى التأثير السلبى على قدرة النباتات وكفاءتها فى تنقية الهواء وإمداد الأحياء بالأكسوجين النقى اللازم للحياة.

كما تتسبب الإنبعاثات الغازية من المخلفات العضوية المتراكمة إلى زيادة ظاهرة الإحتباس الحرارى فى الغلاف الجوى للأرض وهو إختلال خطير فى توازن المنظومة الفيزيائية للحياة يُتَوقَّع أن يؤدى على المدى البعيد إلى تغييرات مناخية عديدة وخطيرة مثل زيادة كمية الإشعاعات الشمسية والكونية المتساقطة على كوكب الأرض وما تحمله فى طياتها من أخطار على معظم أشكال الحياة عليه ومثل ذوبان الجليد وتغيير درجة حرارة المحيطات وما قد يترتب عليها من أضرار للبيئة الأحيائية المائية والإخلال ببعض الظواهر الطبيعة المتكررة مثل ظاهرة النينو التى يتوقع أن تتزايد حدة أضرارها فى حالة إرتفاع درجة حرارة المحيط الأطلسى.

كما يؤدى التلوث المتزايد للتربة الصالحة للزراعة وللمياه الجوفية الموجودة بها إلى نفس التأثيرات السلبية مما يضاعف من مخاطر الإضرار بالنباتات التى تمثل أكبر وأهم وأكفأ منظومات التوازن الحيوى البيئى التى تحافظ على سلامة الحياة والأحياء.

٢. تتسبب العديد من المكونات الضارة والسامة للمخلفات فى أضرار صحية جسيمة على حياة البشر والحيوان والنبات بسبب تعرضهم وإستهلاكهم لها لدى تسربها إلى طعامهم أو شرابهم أو البيئة التى يَحْيَوْن فيها. وتشمل هذه الملوثات العديد من المكونات الخطيرة التى يمكنها إحداث أمراض بشرية كثيرة منها الأورام السرطانية وأمراض الحساسية الصدرية والحساسية المعوية والأمراض الجلدية وأمراض العيون والفشل الكبدى والفشل الكلوى .. إلخ وهو واقع خطير صحيا وإقتصاديا تنبه إليه الإحصائيات التى تكشف عن الزيادة المروعة فى نسب هذه الأمراض الناتجة عن التلوث بالمخلفات كما تكشف أيضا عن التكلفة الإقتصادية الباهظة لمواجهة هذه الأضرار. وينطبق على الحيوان والنبات نفس ما ينطبق على البشر من أضرار صحية بسبب هذه المخلفات التى تؤدى إضافة إلى ذلك إلى تدهور ملحوظ فى إنتاجية الحيوان وفى حصاد النبات وهى عواقب ذات آثار وخيمة بالنظر إلى ما يسود أجزاء كبيرة من العالم من عَوَزْ وفقر غذائى يساهم فى تفاقمه عوامل أخرى متضافرة مثل مشاكل التصحُّر ونقص المياه وتناقص رقعة التربة الزراعية الصالحة وغيرها.

٣. تمثل الخسائر الإقتصادية الناتجة من مشكلة المخلفات وتراكمها المتزايد فى البيئة جانباً حيويا هاما لايمكن تجاهله نظرا لفداحة هذه الخسائر وشمولها لمعظم جوانب الإنتاج والدخل القومى لمعظم الدول التى تعانى من هذه المشكلة. فالأضرار الصحية التى تصيب البشر تحتاج إلى تكلفة باهظة لتوقيها ولعلاجها ولعلاج مضاعفاتها فضلا عن خسارة نتاج الأيدى العاملة طوال فترة المرض وحتى التعافى. والأضرار الصحية التى تصيب الحيوان والنباتات الزراعية تتسبب فى نقص شديد فى المنتجات الحيوانية والزراعية الغذائية وغير الغذائية والتى تحتاج بدورها إلى تكلفة باهظة لتوفير بدائلها عن طريق الإستيراد من الدول الأخرى. والأضرار الجسيمة بسبب الملوثات والمخلفات التى تصيب التربة الزراعية بالتلوث وتجعلها غير صالحة الزراعة الآمنة تحتاج إلى تكلفة كبيرة لعلاج وإستصلاح وإستزراع هذه التربة من جديد. كما يمثل تلوث المياه الجوفية والتى تعد مخزونا حصينا فى ظروف نقص المياه الطبيعية الصالحة للإستخدام كارثةً مفزعة تحتاج أساليب ونظم توقيها وعلاجها فى حالة حدوثها إلى تكلفة مالية باهظة لا تقدر على الوفاء بها معظم الدول مما يؤدى إلى إستمرار كارثة التلوث وحدوث المزيد من التلوث وهكذا دواليك.

٤. تتسبب مشكلة المخلفات فى أضرار قد تبدو غير منظورة ولكنها ذات أثر هام على الصحة النفسية للبشر الذين يحيون فى بيئة قذرة وهو أمر ذو مردود سلبى سيىء لا يمكن إغفاله على عمل وسلوك وإنتاج وطموح هؤلاء البشر وأيضا على إنتاجهم الأدبى والثقافى والإجتماعى مما يؤدى فى النهاية إلى العيش وسط إفرازات مناخ منفر وواقع كريه سيعكس

آثاره السلبية السيئة حتما فى نهاية الأمر على بقية الجوانب الإجتماعية والوطنية والقومية. كما أنه من نافلة القول تأكيد الأثر السلبى لمشكلة المخلفات على جانب هام من جوانب الدخل القومى ـ بالنسبة لبلد مثل مصر ـ وهو السياحة حيث تمثل البيئة النظيفة أحد أهم دعائم ومحفزات السياحة والسفر فضلا عن الصورة السلبية والإنطباعات المهينة والمسيئة على المستوى العالمى للشعور الوطنى وللكرامة الوطنية لأى بلد يواجه مشكلة تراكم المخلفات فى أرجائه ويعجز أبناؤه عن تنظيفها.

خامساً : ضرورات و فوائد المعالجة الآمنة و الفعالة للمخلفات

تمثل ضرورات التخلص من المخلفات العديدة التى تنتج بإستمرار فى البيئة المحيطة بالإنسان أمورا بديهية بالنسبة لمعظم البشر ينحصر هدفها الرئيسى فى ضمان الحياة فى بيئة حياتية نظيفة ولكن التمعُّن الحصيف فى هذا الأمر يكشف عن جوانب عديدة لا حصر لها لفوائد المعالجة التقليدية والبيوتكنولوجية السليمة لهذه المخلفات تمتدُّ آثارها لتشمل جميع نواحى هذه الحياة على مستويات المجتمعات المحلية وعلى مستويات الحياة الشاملة على كوكب الأرض مما يجعل التخلص الآمن من المخلفات ضرورة حتمية لا بديل عنها لضمان بقاء وإستمرار الحياة بمواصفات السلامة والأمان والراحة التى يطمح إليها كل البشر الأسوياء. وتشمل هذه الفوائد على سبيل المثال :

١. التخلص الآمِنْ من المخلفات الممرضة والضارة والسامة وما يستتبعه من القضاء على أهم مصادر العدوى والمرض بين البشر والحيوانات (وأمراض النباتات) بدءا من أمراض العدوى الميكروبية البسيطة حتى الأمراض القاتلة والخطيرة مثل الأورام السرطانية والتشوهات الخلقية والطفرات الوراثية الضارة. وينعكس المردود الإيجابى لهذا الأمر فى نواحى حيايتة كثيرة مثل تحقيق حياة صحية سليمة وتقليل النفقات الباهظة للوقاية والعلاج وزيادة إنتاجية العمل وكذا زيادة إنتاجية الحيوانات والنباتات المستخدمة فى الوفاء بمطالب البشر الغذائية.

٢. حماية البيئات الحيوية المختلفة (البيئة الحياتية للبشر والبيئة الحيوية للحيوانات بجميع أنواعها والبيئة الحيوية للنباتات بمختلف أنواعها والبيئة الحيوية البحرية والبيئات الهوائية والمائية والحرارية والجوية والأرضية) من عواقب الإختلال فى علاقاتها البينية وفى علاقات المكوناتها المختلفة لكل بيئة بعضها ببعض. ويجب فى هذا الصدد ضرورة الإدراك التام لخواص كل بيئة منها والمراعاة الجادة للعلاقات المتشابكة والمرتبطة بين هذه البيئات والإلتزام الدقيق بمتطلبات تحقيق إستقرارها والعواقب الضارة والخطيرة التى تطول معظمها إن لم يكن جميعها فى حالة الإخلال بأى بيئة منها وهو ما تسببه مشكلة تراكم المخلفات فى نواحى البيئة المختفة.

٣. تحقيق التكامل بين العديد من جوانب المنظومة البيئية الشاملة. فالتخلص الآمن والفعال من المخلفات الزراعية والحيوانية والمنزلية باساليب إنتاج الغاز الحيوى مثلا يحقق أهدافا صحية وإقتصادية ملموسة ومنظورة إضافة إلى مساهمته فى حماية المياه الجوفية من التلوث مما يضمن حماية النباتات التى تعتمد على هذه المياه فى نموها وكذا

حماية البيئة الميكروبية المحيطة بها ويؤدى كذلك إلى تقليل الإنبعاثات الغازية وهو أمر ضرورى وهام للحفاظ على البيئات الحيوية الهوائية والجوية والحرارية لكوكب الأرض مما يؤدى إلى توافر ظروف مناخية ومعيشية أفضل لجميع الكائنات الحية عليه.

٤. الإنتاج الإقتصادى للكثير من المنتجات الهامة وما يستتبعه هذا التوجه من مساهمة ملموسة فى حل مشاكل البطالة وما تحمله فى طياتها من مخاطر إجتماعية جسيمة. كما أن تركز معظم المصانع والإستثمارات فى هذا المجال فى المدن والمناطق الريفية بحكم قربها من أماكن إنتاج هذه المخلفات سيترتب عليه توفير فرص عمل لأهالى الريف مما يقلل من ظاهرة الهجرة إلى المدن بل وقد يتسبب فى عكسها لتوافر فرص العمل وهو أمر مطلوب لتخفيف الكثافة السكانية فى المدن والإقلال من وتفادى عواقبها الإجتماعية الضارة وآثارها النفسية السلبية.

وتشمل المنتجات المفيدة التى يمكن إستخلاصها من المعالجات التقليدية والمعالجات الهندسة الوراثية والبيوتكنولوجية للمخلفات انواع عديدة وأصناف مختلفة مثل :

أ. العلف ذى القيمة الغذائية العالية للحيوانات وما يؤدى إليه ذلك من زيادة إنتاجية هذه الحيوانات من المنتجات الغذائية ومردوده الإيجابى على مشاكل الفقر الغذائى.

ب. الأسمدة الأعلى فائدة والأقل ضررا الناتجة من عمليات التخمير الهوائى واللاهوائى للمخلفات العضوية والتى تتميز بإحتوائها على نسب عالية من عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والخالية من الطفيليات الضارة وبذور الحشائش والنباتات المؤذية التى توجد عادة فى أنواع السماد غير المُعالَجَة مما يؤدى إلى زيادة الناتج الغذائى والزراعى للنباتات التى تستخدم هذه الأسمدة المعالجة.

ت. الغاز الحيوى الذى يمكن إستخدامه فى صور شتى طبقا للإحتياجات الإقتصادية والإجتماعية فيمكن إستخدامه كغاز للوقود يصلح للإستخدامات المختلفة فى المنازل والتجمعات السكانية والمعسكرات والمنشآت الزراعية والحيوانية الصغيرة كمزارع الدواجن .. إلخ. كما يمكن إستخدامه كغاز طبيعى تماثل جودته جودة الغاز الطبيعى لتسيير وسائل المواصلات العامة والخاصة بعد تنقيته وتنظيفه وتحسين جودته عبر معالجات خاصة مثل إزالة مركب كبريتيد الهيدروجين الذى يمكن أن يسبب أضرارا كبيرة للمحركات والأجهزة المستخدمة فى الأنشطة والصناعات المختلفة. وتمثل هذه الإستخدامات المتنوعة للغاز الحيوى اسلوبا هاما يساهم مساهمة فعالة فى حماية البيئات الجوية والحرارية والهوائية بتقليل إنتاج وإنبعاث غاز ثانى أكسيد الكربون وتقليل حدة مظاهر الإحتباس الحرارى للغلاف الجوى لكوكب الأرض.

ث. نواتج إستخلاص المواد المفيدة ونواتج إعادة تدوير بقايا المخلفات مثل الورق والكرتون والبلاستيك والزجاج والمعادن والأخشاب والغراء والصبغات ومثبتات الألوان والعلائق الحيوانية .. إلخ.

سادساً : الوسائل التقليدية المتبعة لمعالجة مشكلة المخلفات

يشكل إنتاج المخلفات جزءا لا يتجزأ من منظومة الحياة البيئية ومظهرا لا مندوحة عنه لإستمرار هذه المنظومة بدأ مع

البدايات الأولى لنشأة الحياة وتطور مع تنوعها وإنتشارها وإتسع مع الزيادة الطبيعية لأنواع الأحياء. وبسبب هذا الإرتباط الوثيق لجأ الإنسان منذ القدم وحتى الآن إلى العديد من الوسائل التى يتخلص بها من هذه المخلفات تبعا لنوعيتها مثل حرقها أو دفنها أو إعادة إستخدامها. ويمثل هذا الأسلوب الأخير أحد أهم التصورات والخطط الحديثة الرامية إلى مواجهة مشاكل المخلفات وهو يستند إلى إفتراض بسيط مؤداه أن مخلفات نشاط أو صناعة ما يمكن أن يكون المادة الخام لبدء نشاط أو صناعة أخرى. ورغم بساطته إلا أنه يشكل مع بعض التصورات البسيطة الأخرى حجر الأساس لمنظومة الحلول المتاحة والمتوقعة لمواجهة مشاكل إنتاج وتراكم المخلفات.

ويمكن تحديد الملامح الرئيسية لهذه المنظومة فى إتجاهين رئيسيين يعتمد أولهما على إستحداث الإجراءات الوقائية التى تستبق حدوث المشاكل بمنعها من خلال إستخدام مدخلات ومواد أولية أقل حجما وأقل ضررا وأقل إنتاجا للمخلفات فى الصناعات والأنشطة الحياتية المختلفة ويعتمد الآخر على تحسين وسائل المعالجة التقليدية الحالية وتطويرها لتصبح أكثر قدرة وكفاءة على معالجة مشاكل المخلفات.

أ. الوسائل الوقائية لمعالجة مشكلة المخلفات

يمثل اللجوء إلى الإتجاه الوقائى الإستباقى لمجابهة المشاكل قاعدة ذهبية للتخطيط وللنجاح فى أى مجال دونما إستثناء. ويشكل هذا الإتجاه الأملَ الأكبر وربما الأوحد للبشرية لتفادى الآثار الكارثية المتوقعة فى ظل التزايد الرهيب فى عدد سكان العالم وما يستتبعه من زيادة مماثلة فى حجم المخلفات الناتجة من أنشطتهم الحياتية والزراعية والصناعية المختلفة وما سيعقبه حتماً من نكبات بيئية وصحية ما لم يتم وضع منظومة متكاملة للوقاية المسبقة من هذه العواقب. وتتباين الوسائل الوقائية الإستباقية التقليدية لمعالجة مشاكل المخلفات تباينا كبيرا فى إتجاهاتها وأهدافها يصعب حصرها فى هذه العجالة ويكفى الإشارة إلى بعض أمثلتها لتوضيح المقصود منها.

١. فبعضها قد يتوجب أن يشمل تشريعات تجارية مثل عدم السماح بإستيراد الأجهزة والأنظمة والمكونات الصلبة التى لا تفى بمواصفات الجودة المطلوبة ومنها العمر المناسب للإستهلاك حتى لا تصبح غير صالحة للإستخدام بعد فترة قصيرة وما يستتبعه ذلك من ضرورة التخلص منها وإستبدالها مما يضيف مزيدا من الأعباء إلى مشاكل تراكم المخلفات الصلبة وعواقبها البيئية والإقتصادية الكثيرة ومثل حظر إستخدام ملوثات البيئة فى أية أنشطة عمرانية أو زراعية أو صناعية وضرورة الإسراع بوضع قانون جديد للجودة والمواصفات يُراعَى فيه ما تم معرفته حديثا من أضرار بيئية خطيرة لما يصعب حصره من مصادر ومواد تستخدم على نطاق واسع حتى الآن فى معظم الأنشطة ويراعى فيه أيضا ما تم كشفه وإستحداثه من مواد ووسائل وتقنيات حديثة فى مجالات التكنولوجيا الحيوية والهندسية تقدم بدائل آمنة وذات كفاءة أفضل عما يجب حظره من المواد والأساليب التقليدية الحالية.

٢. وقد يتوجب أن يشمل بعضها الآخر تشريعات زراعية مثل تحديد أصناف ومساحات زراعات بعض أنواع المحاصيل الشرهة فى إستهلاك المياه لتقليل حجم مخلفات الصرف الزراعى وآثارها الضارة على البيئة وخاصة مع إمكانية إستنباط

أصناف معدلة وراثية من هذه المحاصيل تتميز بإنتاجيتها العالية وإكتفائها بكميات أقل من المياه بما يعوض من آثار تقليل مساحاتها المنزرعة ومثل التوسع فى إستخدام الأسمدة والمخصبات الحيوية والمبيدات الحيوية كبدائل أكثر أمنا وفاعلية من الأسمدة العضوية والمبيدات الكيميائية.

٣. وقد يستوجب أن يشمل بعضها تشريعاتٍ صناعية مثل حظر إستخدام بعض مدخلات وإحتياجات الصناعات وخاصة الكيماويات والمعادن الثقيلة المعروفة بسميتها وآثارها شديدة الخطورة على البيئة وإستخدام بدائلها الأقل خطورة والعديمة السُّميَّة حتى وإن كانت أكثر كلفة لأن المحصلة النهائية فى ظل الحاجة إلى معالجاتٍ بيئية أقل وإلى وسائل اقل للوقاية من آثارها الضارة وكذا تقليل الحاجة إلى الكلفة الباهظة لمعالجة آثارها السلبية على صحة البشر والحيوانات والنباتات وعلى التربة الزراعية أو المجارى المائية المنصرفة فيها ستكون أكثر فائدة وأقل كلفة من الناحية الإقتصادية.

٤. كما قد يتطلب هذا الإتجاه تشريعاتٍ بيئية لا مندوحة عنها لضمان بيئة نظيفة آمنة يراعى فيها سد النقص الموجود فى التشريعات الحالية والتى لا تتعرض لبعض ما سبق ذكره من أمثلة توضح المشاكل العديدة والخطيرة التى تتسبب فيها المخلفات لجميع مكونات ونواحى البيئة. وقد يتوجب أن تشمل هذه التشريعات حظر إستخدام مياه مخلفات الصرف الصحى إلا بعد معالجتها ولغرض محدد هو إستزراع نباتات معينة بهدف إنتاج البيوديزل وزراعة أشجار خاصة كمصدر للأخشاب وحظر المساس بمياه النيل التى يتم تلويثها بكل ما يمكن وما لا يمكن تخيله من مخلفات وملوثات مثل نكبة الإستزراع السمكى فى مياه النيل بغض النظر عن مضارها الصحية القاتلة ومثل نكبة التوسع فى إستخدام النيل كوسيلة نقل رخيصة بغض النظر عن تلويثه بمخلفات الوقود التى لا تقل خطورة وسمية عن الكيماويات السامة ومثل نكبة السماح بالتوسع فى السياحة النهرية فى بحيرة السد وهو أمر بالغ الخطورة على نقاء مياه النيل من منبعها ويثير العديد من علامات الحيرة والتعجب والإستغراب والإستفهام والإستياء والإستنكار عن دوافع مثل هذه القرارات التى تشبه فى مجملها دونما أية مبالغة قيام سكان العمارات بتربية الدواجن داخل خزانات المياه التى يشربون منها !! وهى أمور بالغة الخطورة لا يعيرها قانون البيئة الحالى أى عنايةٍ أو إهتمام حيث لا تتضمن القوانين المصرية البيئية الحالية أية إجراءات خاصة بالحفاظ على مصادر الماء أوالطاقة.

ب. الوسائل التقليدية لمعالجة مشكلة المخلفات

١. إعادة تدوير وإستخدام المخلفات مثل إعادة إستخدام المخلفات البلاستيكية والورقية والمعدنية والزجاجية فى إعادة إنتاج هذه المواد بعد معالجتها.

٢. إستبدال المواد والأجهزة والمستهلكات الخطرة والضارة بالبيئة فى كافة الأنشطة الحياتية والصناعية بمواد وأجهزة ومستهلكات غير ضارة وغير خطرة أو أقل ضررا وخطورة مثل : إستبدال أجهزة قياس الحرارة والضغط الزئبقية بأجهزة إلكترونية أو ميكانيكية لا تحتوى على عنصر الزئبق ـ إستبدال الأحبار المحتوية على مذيبات عضوية خطرة والمستخدمة فى أجهزة الطباعة بأحبار تحتوى على مستخلصات من فول الصويا ـ إستبدال المنظفات الكيميائية المحتوية على أحماض معدنية أو المحتوية على مركبات كيميائية خطيرة بالمنظفات الحيوية كالمنظفات المحتوية على إنزيمات غير

ضارة ـ إستبدال المركبات البنزينية الخطيرة كالزايلين والبنزين والتولوين المستخدمة بكثرة فى المعامل التدريسية والبحثية والتشخيصية بمواد أخرى لا ضرر منها مثل حمض الستريك. وغير ذلك من أمثلة تتزايد بصفة مستمرة وتمثل أسلوبا أساسيا فى معالجة مشاكل المخلفات فى الدول المتقدمة نظرا لأهميته وبساطته وفوائده البيئية الكثيرة.

٣. **الإستخلاص الإقتصادى للمواد المفيدة من المخلفات** مثل إستخلاص عنصر الفضة من مخلفات الكيماويات المستخدمة فى عمليات التصوير والتحميض ـ إستخلاص الميثانول من نواتج الكيماويات المستخدمة فى أجهزة القياس المعملية ـ إستخلاص زيوت المحركات من الزيوت السابق إستخدامها بعد معالجتها وتنقيتها ـ إستخلاص العديد من المركبات العضوية الغذائية وغير الغذائية من بقايا النباتات والحيوانات كالغراء والزلال والأصباغ والأحماض الأمينية والفيتامينات والمعادن .. إلخ.

٤. **معادلة أو تحييد الآثار الضارة للمخلفات** مثل المعالجة الكيميائية لمخلفات الصناعات المحتوية على أحماض أو مواد قاعدية ضارة بواسطة القلويات أو الأحماض لتحويلها إلى مركبات متعادلة غير ضارة.

٥. **تحويل المخلفات الضارة والسامة إلى مخلفات آمنة أو أقل خطورة** بوسائل المعالجة الفيزيائية أو الكيميائية ما أمكنَ ذلك.

١. طرق معالجة مخلفات القمامة

أ. المقالب

تعتبر طريقة تكويم القمامة بالمقالب أرخص وسيلة لتصريفها ولاسيما في المناطق المنخفضة والخنادق والبحيرات ومواقع المناجم التي نضب انتاجها. وتنتقل القمامة إلى تلك المواقع من أماكن تولدها بواسطة شاحنات مجهزة لهذا الغرض ومجهزة بمعدات لكبس القمامة حتى يتسنى نقل كمية أكبر في كل دورة اقتصادا في النفقات. ويواجه تصريف القمامة في المقالب مشكلتين هما : زحف الكتلة السكنية إليها نتيجة للامتداد العمراني للمدن والقرى مما قد يجعل أكوام القمامة ملاصقة للمباني وتعذر ايجاد مواقع جديدة بعيدة عن العمران بصفة دائمة تصلح لتكويم القمامة وتتوافر بها الشروط المناسبة. علما بأن هذه المقالب لا تعتبر حلا سويا للتخلص من القمامة ويجب تطويرها وتحويلها الى مدافن صحية حيث أن هذه المقالب يتولد منها بعد فترة غاز الميثان نظرا للظروف اللاهوائية السائدة بها ومن ثم يجب دراسة امكانية تجميع والاستفادة من الغاز الحيوي الناتج كمصدر للطاقة ولتقليل الانبعاثات الضارة للغلاف الجوي وذلك بتعديل المقالب القديمة والاستفادة من الغاز الناتج سواء في استخدامات حرارية مباشرة أو لانتاج الطاقة الكهربية وتوصيلها على الشبكة الموحدة.

ب. المدافن الصحية

انتشرت المدافن الصحية على نطاق واسع في الآونة الأخيرة في كثير من دول العالم وثبت فاعليتها في تصريف القمامة بأقل قدر من الأضرار البيئية. وتستوعب تلك الطريقة حاليا نحو ٩٥٪ ، ٦٠٪ ، ٢٧٪ من القمامة المتولدة عن الولايات المتحدة الأمريكية والدول الأوروبية واليابان على التوالي. وتعد المدافن الصحية ببسط القمامة في طبقات رقيقة يتم

كبسها بواسطة معدات مناسبة وتغطيتها وتكرر هذه العملية حتى يكتمل بناء المدفن الصحي ثم يحكم غلقها وكبسها بطبقة سطحية من التراب بإرتفاع متر. ويجب أن يراعى في المدفن العزل الكامل لمنع مياه الرشيح من الوصول الى المياه الجوفية وتجميع الرشيح في حجرة ملائمة وأن تتم معالجة الرشيح على أن تتم عمليات الأنشاء والتشغيل طبقا للأصول الهندسية والبيئية المعتمدة في هذا الخصوص كما يفضل أن تجهز المدافن بالنظم الحديثة لاسترجاع الغاز الحيوي وضبط الظروف في المدفن بما يسمح بالحصول على أكبر كمية من الوقود الغازي.

ج. الحرق أو الترميد

يهدف الحرق إلى اختزال حجم القمامة وتحويلها إلى رماد ويفضل أن يقترن ذلك بالاستفادة من الطاقة الحرارية المتولدة مباشرة أوتحويلها الى طاقة ميكانيكية أو طاقة كهربائية. كما يمكن اعادة استخدام الرماد المتخلف في تحضير بعض الأسمدة المركبة أو في صناعة بعض أنواع من الطوب أو في تعبيد الطرق. ومن عيوب محارق الترميد هو اثرها السيئ على تلوث الهواء بأكاسيد الكبريت والنتروجين وانبعاث غاز الكلور الناتج من حرق البلاستيك والبوليفنايل الذي يتكون منه غاز كلوريد الايدروجين السام إلى جانب الديوكسان المسبب لمرض السرطان بالاضافة إلى الرماد المتطاير وغيره من الجسيمات الصلبة التي تتسرب للهواء أثناء الترميد.

د. الكمر الهوائي

يسبق الكمر الهوائى فرز القمامة لاستبعاد المواد غير القابلة للهضم ثم تطحن وتكوم في مصفوفات وتضبط نسبة الرطوبة المناسبة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة لتقوم بهضم القمامة وتحولها إلى سماد عضوي مثبت. وعادة يتم تقليب المصفوفة على فترات مناسبة باستخدام ماكينة التقليب مع ضبط نسبة الرطوبة. وأثناء عملية الكمر ترتفع درجة الحرارة إلى أكثر من ٧٠ درجة مئوية وهذه الدرجة كفيلة بالقضاء على معظم الكائنات الممرضة والحشرات وبذور الحشائش. ويستخدم الناتج عنها كسماد عضوي في التسميد الزراعي.

٢. طرق معالجة مخلفات المستشفيات

تشمل مخلفات المستشفيات أنوع عديدة مثل مخلفات المطابخ العضوية وغير العضوية والمخلفات الطبية مثل بقايا الأدوية والعقاقير ومخلفات التمريض والغيارات الناتجة من غرف العمليات والمعامل وبنوك الدم والمخلفات الإشعاعية والكيمائية الخطرة ناتجة من إستخدامات المعامل والأشعة السينية والأشعة المقطعية والتحاليل التى تستخدم النظائر المشعة لإجرائها وبقايا عنصر الزئبق المستخدم فى علاجات الأسنان وغيرها.

وتختلف درجة الخطورة لكل نوع من هذه المخلفات طبقا لطبيعتها حيث تتدرج من مخلفات غير خطرة كبعض بقايا مخلفات المطابخ إلى مخلفات ملوثة للبيئة وناقلة للأمراض إلى مخلفات شديدة الخطورة كالمخلفات المشعة والزئبق وبعض الكيماويات المتبقية كنواتج للتحاليل الطبية.

وتختلف الوسائل الحالية المتبعة فى التخلص من مخلفات المستشفيات تبعا لنوعية هذه المخلفات ودرجة خطورتها فهناك مخلفات يتم تداولها بالطرق العادية مثل المخلفات التى تماثل مخلفات المنازل كبقايا الطعام وأربطة الشاش

والبلاستيك ومخلفات العيادات وهناك مخلفات يتم حرقها نظرا لخطورة تداولها مثل بعض الأجزاء الآدمية الناتجة من العمليات الجراحية ومخلفات بنوك الدم والمخلفات التي تحتوى على اية دماء أو إفرازات جسدية كما أن هناك مخلفات يتم التعامل معها والتخلص منها بوسائل أخرى خاصة نظرا لخطورتها الشديدة مثل المخلفات المشعة الناتجة من الإستخدامات الإشعاعية العلاجية أو التشخيصية حيث تحفظ في غرف خاصة مبطنة بالرصاص حتى ينتهي عمرها الإشعاعى الإفتراضى الإشعاع ثم يتم حرقها والمخلفات الكيماوية السامة ومثيلاتها.

وتشمل الطرق المختلفة للتخلص من مخلفات المستشفيات التطهير الحراري والتعقيم بإستخدام الأتوكلاف ثم الدفن الصحي والحرق الكامل فى محارق خاصة تضمن احراق المخلفات احتراقا كاملا وذلك عند درجة حرارة لا تقل عن ٩٠٠°م مع معالجة الغازات الناتجة ورش بعض أنواع المخلفات بالجير الحي ثم ضغطها وتغليفها ودفنها في خزائن خرسانية بعيدة عن السكان وأماكن سقوط الأمطار وطحن المخلفات حيث توضع في ماكينة خاصة لطحنها ثم يتم تسخينها ببخار الماء عند درجة حرارة ١٣٨°م مع زيادة الضغط لمدة ما يقرب من ساعة وفي النهاية يتم الحصول على مواد مطحونة معقمة يمكن استعمالها في صناعة طوب البناء وبذلك يمكن التخلص من تلك المخلفات والاستفادة منها. كما يوجد طريقة بيولوجية آمنة للتخلص من المخلفات المعدية للمستشفيات تعتمد على التعقيم الكامل لمخلفات المستشفيات المعدية وتحويل المواد المعقمة للحالة السائلة ثم يتم تعريضها لمواد تخميرية مما يسمح للكائنات الدقيقة بمهاجمة هذه المخلفات وتحويلها الى منتجات مفيدة. أما الكتلة الحيوية الناتجة من عملية التخمر فمن الممكن أستخدامها كسماد حيوي للأراضي الزراعية.

٣. طرق معالجة مخلفات الصرف الصحى

يمكن تقسيم مخلفات الصرف الصحي بصفة أساسية الى مياه الصرف الصحي والحمأه الناتجة منها سواء عن طريق المعالجة الابتدائية أو الثانوية. وتشكل مخلفات الصرف الصحى تهديدا خطيرا لمعظم الجوانب البيئية الصحية والإجتماعية والنفسية والإقتصادية لأى مجتمع ما لم يتم معالجتها والتخلص من أضرارها بالطرق الصحية السليمة المتبعة فى معظم دول العالم المتقدمة. وتشمل هذه الطرق :

أ. المعالجة الابتدائية حيث يتم معالجة المياه بالترسيب في أحواض مناسبة باستخدام زمن بقاء مناسب فيحدث ترسيب للمواد العضوية المعلقة بها (الحمأه الأبتدائية) بإستخدام مواد مساعدة على الترسيب مما ينتج مياه صرف معالجة ابتدائيا بالاضافة الى الحمأة الابتدائية.

ب. المعالجة الثانوية وتتم بعدة وسائل أهمها هو الأكسدة الهوائية بنظام الحمأة المنشطة بضخ الهواء (أو الأكسجين) في المياه المعالجة ابتدائيا مع اعادة تدوير جزء من الحمأة فيتم أكسدة المواد العضوية الذائبة ثم يتم بعد ذلك ترسيب الحمأة الناتجة في أحواض ترسيب وفصلها مما ينتج مياه معالجة ثانويا وحمأة ثانوية. وتتم هذه المعالجة بفعل الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بأكسدة المادة العضوية المتبقية في المياه والتي ينتج عنها الحمأة الثانوية.

ج. المعالجة الثلاثية حيث يتم تعقيم المياه باستخدام الأوزون أو الكلور. إلا أنه يجب أن يسبق إستخدام الكلور إزالة

جميع المواد العضوية المتبقية بالإدمصاص على الفحم النشط أو خلافة حتى لا تتكون مواد مسرطنة.

د. إستخدام برك الأكسدة الهوائية العادية والمهواة المعالجة بالكيماويات (ايدروكسيد الكالسيوم ، كلوريد الحديديك ، الشبه) لترسيب المادة العضوية والأقراص الدوارة.

هـ. معالجة الحمأه الناتجة عن المعالجات المتدرجة لمياه الصرف الصحي والتى تمثل أكثر المخلفات العضوية تلويثا للبيئة بوسائل مختلفة منها : التجفيف الشمسي فى أحواض التجفيف والمعالجة بتراب الاسمنت والمعالجة ببرك التهوية.

و. إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة والخالية من الميكروبات والطفيليات المُمْرِضَة كمصدر لمياه الرى يخصص فقط لرى الأراضى الصحراوية وزراعتها بالأشجار الخشبية التى تتميز بتحملها للجفاف والملوحة والنسب العالية نسبيا من العناصر الثقيلة والتى يمكن إستخدامها كمصدر للوقود الحيوى (البيوديزل) حيث تتميز هذه الأشجار بسهولة تكاثرها الخضرى وسرعة نموها إضافة إلى آثارها الإقتصادية كمصدر للأخشاب وفوائدها البيئية كمصدات للأتربة والرياح ومثبتات للتربة الصحراوية والرملية مما يقلل من إتساع رقعة التصحر فى الأراضى المزروعة بها.

٤. طرق معالجة مخلفات الصرف الزراعى

تشكل مخلفات الصرف الزراعى المحتوية على بقايا المبيدات الحشرية والأسمدة والمعادن السامة الثقيلة وغيرها من الملوثات مصدرا خطيرا للعديد من المشاكل الصحية والبيئية الأكثر خطورة إذا لم يتم معالجتها بالطرق السليمة لتحييد اضرارها وتفادى عواقبها المفزعة.

ويمكن تحديد مصادر ونوعيات التلوث لمياه الصرف الزراعي فى المصادر الآتية :

١. الأملاح والأسمدة الكيماوية خاصة الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية والمبيدات وغيرها الناتجة من رى وغسيل الأرضي الزراعية والتى يتم التخلص منها بصرفها في المصارف والمجارى المائية.

٢. مياه الصرف الصحي وما تحويه من الملوثات والمواد سامة والكائنات الممرضة الدقيقة والمنظورة والتى تلقى في المصارف المائية قبل معالجتها.

٣. مياه الصرف الصناعى وما تحويه من الملوثات والمواد السامة والمعادن الثقيلة والمركبات العضوية وغير العضوية البالغة الخطورة على صحة البشر والحيوان والنبات والتى يتم التخلص منها بإلقائها في المصارف المائية قبل معالجتها.

٤. مخلفات مزارع الدواجن والطيور الميتة والحيوانات النافقة والقمامة .. إلخ.

وبرغم الخطورة الشديدة التى تمثلها معظم مخلفات الصرف الزراعى على معظم إن لم يكن جميع النواحى البيئية والصحية للبشر والحيوانات والنباتات ذاتها فإن المعالجات التقليدية لهذه المخلفات التى تشمل وسائل فيزيائية وكيميائية عديدة مثل الترسيب والأكسدة والخلط بنسب متفاوتة بالمياه العذبة لإعادة إستخدامها فى الزراعات الخشبية لا تزال عاجزة عن تحقيق الإزالة الآمنة المقبولة لهذه الأخطار كما أن المعالجات الوقائية لها مثل ترشيد إستخدام مياه الرى وترشيد إستخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية رغم فوائدها الظاهرة لا تسهم أيضا فى تحجيمها إلى هذه الحدود الآمنة

المقبولة. وفى هذا الصدد يبرز الدور المحورى الهام والبالغ الفعالية للمعالجات الحديثة بوسائل وتقنيات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى تقديم الحلول السليمة والمناسبة لمعالجة هذه النوعية من المخلفات البيئية الخطيرة سواء بالوقاية المسبقة منها أو بتقليل أخطارها الفعلية أو بالإستفادة الإقتصادية من بعض مكوناتها بعد إستخلاصها ومعالجتها.

٥. طرق معالجة مخلفات الصرف الصناعى

تشكل مياه الصرف الصناعى مصدرا غاية فى الخطورة على النواحى الصحية والبيئية لأى مجتمع صناعى ما لم يتم معالجتها بوسائل تضمن إزالة آثارها الضارة والسمية نظرا لما تحويه من مركبات عضوية وغير عضوية يمكن أن تتسبب فى العديد من الأمراض الخطيرة للبشر مثل السرطان كما يمكن أن تتسبب فى كوراث صحية وبيئية للحيوانات والنباتات والإنسان إذا تم تصريفها للمجارى المائية التى تستخدم لأغراض الشرب وغيرها من ضرورات الحياة.

وتعتمد معظم الوسائل التقليدية الحالية للاستفادة من مياه الصرف الصناعي وتقليل أخطارها على المعالجة من المنبع بغرض ازالة الملوثات العالقة بها من العناصر ثقيلة والمواد عضوية والمعدنية والمستحلبات الزيتية والمواد الصلبة والأصباغ بهدف استخدام تلك المياه مرة أخرى في العديد من الاستخدامات مثل الري في الزراعة أو اعادة استخدامها في الصناعة. وتشمل هذه الوسائل :

١. الترسيب حيث يتم استخدام بعض المواد التي تتفاعل مع المواد المراد التخلص منها لتنتج راسب يمكن التخلص منه مثل الشبه أو ايدروكسيد الكالسيوم أو الجير الحي أو كلوريد الحديد وكبريتات الحديدوز وبعض البوليمارات. وتستخدم هذه الطريقة لترسيب عناصر الزنك والكادميوم والكروم والحديد والفلوريد والرصاص والمنجنيز والزئبق.

٢. تجميع العوالق العضوية بإمرارها من خلال فلاتر خاصة لحجزها وترسيبها ومعالجتها أو التخلص منها بعد ذلك.

٣. فصل الزيوت.

٤. فصل المواد العالقة الصلبة وذلك بإضافة تراب الأسمنت أو الجير أو معادن الطين مثل معادن البنتونيت والمونتوموريلونيت والتي تتميز بقدرتها على ادمصاص المواد الصلبة العالقة فى الوسط المحيط بها.

٥. اعادة تدوير المذيبات.

٦. استرجاع العناصر الثقيلة المتبقية في مياه الصرف الصناعي عن طريق الادمصاص باستخدام الكربون النشط وقد نجح أسلوب إستخدام قش الكتان بعد معالجته لنزع الماء والأكسدة الجزئية فى انتاج مادة شبيهه بالكربون المنشط وتحويله الى مادة قادرة على ادمصاص العناصر الثقيلة من المياه. كما نجح أسلوب إستخدام مسحوق بذور المورنجا التي تحتوى على نوع من البروتين يستطيع ادمصاص العناصر الثقيلة لتنقية مياه الصرف الصحي والصناعي من العناصر الثقيلة.

٦. طرق معالجة المخلفات الزراعية

تشمل المخلفات الزراعية قسمين رئيسيين هما :

أ. المخلفات الزراعية المستخدمة بالكامل وهي عبارة عن الأتبان الناتجة عن زراعة القمح والشعير والفول والبرسيم وهي تستخدم عادة كمادة مالئه في تغذية الحيوانات. وإن كان يعيبها انخفاض القيمة الغذائية لها ومن ثم الحاجة الى رفع قيمتها الغذائية ببعض المعالجات الملائمة. كما تنتج زراعة قصب السكر كميات كبيرة من المخلفات يستخدم جزء كبير منها كمصدر للطاقة في مصانع السكر بينما يستخدم الباقي كمادة مالئة لتغذية الحيوان كما تستخدم مخلفات عصر الزيوت في صناعة الكسب.

ب. المخلفات الزراعية المستخدمة جزئيا واهمها قش الأرز والذي يستخدم منه نسبة صغيرة كمادة مالئة لتغذية الحيوان بخلطه مع البرسيم كما يستخدم أيضا لإنتاج الاسمدة العضوية بعد خلطه بالروث وكمره بالاضافة الى بعض الاستخدامات الأخرى كوقود وكغطاء لأرض مزارع الفواكه لتقليل البخر وزيادة ترطيب التربة. ويمثل حطب القطن وحطب الذرة أنواعا هامة من المخلفات الزراعية تنتج بكميات كبيرة يستخدم جزء كبير منها في تغذية الحيوان كما يستخدم كوقود منزلي بالاضافة الى بعض الاستخدامات الأخرى كعمل فرشة للحيوانات ثم انتاج كمبوست أو كمصدات للرياح في مزارع الخضروات وخلافة. كما تنتج كميات كبيرة من مخلفات زراعات الخضروات والفواكه يستخدم بعضها في تغذية الحيوان ويستخدم جزء آخر كوقود منزلي أما الجزء الأكبر فيتم التخلص منه بالحرق المباشر في الهواء.

وتشمل وسائل التخلص من المخلفات الزراعية طرقاً تقليدية عديدة مثل :

١. انتاج الوقود غازي من قش الارز بالطرق الحرارية التقليدية.

٢. استخدام قش الأرز كتربة بديلة للتربة الزراعية.

٣. تحويل قش الارز إلى قوالب وقود حراري.

٤. استخدام قش الارز وحطب القطن وجريد النخيل كمصدر للسيلولوز لتصنيع بعض أنواع الآخشاب ولوازم الديكور الخشبية.

٥. إستخدام ورد النيل في بعض الصناعات الآمنة الصديقة البيئة مثل صناعة الورق.

٦. حقن المخلفات الزراعية مثل القش أو التبن المكبوس بغاز الأمونيا أو رشها بمحلول اليوريا لزيادة محتواها النيتروجينى مما يزيد معامل هضم هذه المخلفات عند تقديمها كعلف للحيوانات وهى وسيلة بسيطة وغير مكلفة نسبية إلا أنها ذات فوائد إقتصادية وبيئية جمُة.

٧. إنتاج الأعلاف الخضراء بدون تربة زراعية حيث يتم تنمية حبوب الشعير على المخلفات النباتية لمدة أسبوع لإنتاج البادرات كعلف أخضر عالى القيمة مختلط بالمخلف النباتي.

٨. الاستفادة من سرسة الأرز (قشرة حبة الارز) وقش الارز نظرا لإحتوائها على نسب عالية من السيليلوز والسيليكا واللجنين وبعض السكريات حيث تفصل السيلكا في صورة سليكا جل عالية النقاوة تستخدم في مجالات طبية وصناعية كثيرة كما يستخدم اللجنين في إنتاج اصباغ الاخشاب والاثاث كبديل لمادة الجامالكا.

٩. استخدامها كغذاء للحيوان.

٧. طرق معالجة المخلفات الحيوانية

تشتمل المخلفات الحيوانية على مخلفات الجاموس والأبقار والأغنام والماعز والإبل والدواب والدواجن والأرانب والطيور المائية ومثيلاتها. وتنقسم المخلفات الحيوانية إلى مخلفات حقلية (الروث) ومخلفات المجازر وووحدات التصنيع الزراعي ومعامل منتجات الألبان وتبلغ الكميات المتاحة لإعادة الاستخدام من المخلفات الحيوانية حوالي ٥٠ ٪ من الكمية الكلية تستخدم كأسمدة عضوية أو تخلط مع المخلفات النباتية لإنتاج الأسمدة العضوية المكمورة (الكمبوست). كما تشكل المخلفات الأسماك والمزارع السمكية مصدرا جيدا لإنتاج العلائق الحيوانية وعلائق الأسماك. ومن المتوقع أن تحتل تقنية إنتاج الكمبوست كسماد آمن وفعال وقليل الكلفة من المخلفات دورا هاما ومتزايدا فى منظومة معالجة المخلفات العضوية بالنظر إلى مميزاتها وفوائدها البيئية والإقتصادية الكثيرة.

ويمثل إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الحيوانية الأسلوب الرئيسى المتبع تقليديا للتخلص من هذه المخلفات والإستفادة منها حيث يؤدي تخمر المخلفات الحيوانية لا هوائيا في مخمرات خاصة إلى إنتاج غاز الميثان (الغاز الحيوي) وهو غاز يستخدم كمصدر للطاقة في عمليات الطهي وتشغيل مولدات الكهرباء المستخدمة في الانارة وتشغيل الاجهزة الكهربائية. كما يتبقى بعد انتهاء التخمر سماد عضوي خالي من معظم الكائنات الممرضة وبذور الحشائش يضاف إلى الكمبوست. وتتميز عملية تخمر روث المنتجات الحيوانية وإنتاج الغاز الحيوي منها بالحفاظ على البيئة النظيفة والصحية للانسان والحيوان وتأمين التداول الصحي للمخلفات الحيوانية وتفادى الحرق المباشر لها أو تركها مهملة وما يترتب على ذلك من مشاكل بيئية وصحية عديدة.

وتشمل وسائل التخلص من المخلفات الحيوانية طرقاً تقليدية عديدة تتيح الإستفادة من وتحويل معظم أنواع المخلفات الحيوانية كمخلفات المجازر والدماء والحيوانات النافقة ومخلفات الأسماك والدواجن والطيور إلى منتجات عديدة متنوعة يعاد تدويرها لأنتاج منتجات متنوعة ذات فوائد إقتصادية كثيرة وكبيرة إضافة إلى الفوائد البيئية الهامة نتيجة التخلص الآمن منها وتفادى الأضرار الصحية الجسيمة التى قد تتسبب فيها. وتشمل هذه الوسائل :

١. إستخدام تقنية كمبوست الدواجن والطيور النافقة حيث يمثل التحلل البيولوجي للدواجن والطيور النافقة لانتاج السماد العضوي أفضل الطرق للتخلص منها وأكثرها أمانا من الناحية الصحية.

٢. إنتاج علف للدواجن بتجميع بقايا الدماء وتحويلها إلى مسحوق جاف يحتوى على نسبة عالية من البروتينات والأملاح والحديد يستعمل ايضا كمركزات لاعلاف الدواجن وذلك بجانب التخلص من آثاره الضارة. كما يخلط الدم مع اللحوم المعدمة والعظام ويجفف عند درجة حرارة ١٣٠°م لمدة نصف ساعة ويستخدم كعلائق للدواجن.

٣. إستخدام زلال الدم في صناعة الصبغات ومثبتات الألوان فى صناعات الجلد الصناعي.

٤. إستخدام الفيبرين الموجود بالدم في صناعة كثير من الأدوية وفي المعامل لزراعة الميكروبات لإستخدامها فى الأغراض المختلفة.

٥. الإستفادة من العظام بعد فصل الدهون منها لانتاج غراء مركز. وبعد استخراج الدهون والغراء يتم تجفيف وطحن المادة المتبقية لانتاج الفوسفات الأبيض الذي يعاد استخدامة كعلف للدواجن.

٦. تحويل الحيوانات النافقة واللحوم المعدمة إلى علائق حيوانية.

٨. طرق معالجة المخلفات السمكية

تشمل وسائل التخلص من المخلفات السمكية طرقاً تقليدية عديدة تهدف إلى الإستفادة الإقتصادية والبيئية من هذه المخلفات التى تنتج فى البيئة بكميات كبيرة تقدر بنسبة ٣٠ ـ ٤٠ ٪ من حجم الإستهلاك منها نظرا لإعتماد الكثير من المجتمعات على الأسماك فى غذائها اليومى وذلك بتحويلها إلى مصدر غنى بالبروتين والدهن الحيوانى والأملاح المعدنية يستخدم بكفاءة كعلف حيواني وكسماد زراعي. وتشمل هذه الوسائل :

أ. إنتاج دقيق السمك بواسطة الطحن والتجفيف من الأسماك الصغيرة غير المناسبة للاستهلاك الآدمي حيث يستخدم كمكون هام في الأعلاف الحيوانية.

ب. إستخلاص وإنتاج زيت السمك الذى يستخدم فى مستحضرات التجميل والدهان والمرطبات الجلدية وكذلك فى إنتاج بعض الزيوت الغذائية.

ج. إنتاج مادة الكيتين من قشور القشريات (الجمبرى . الكابوريا . الإستاكوزا) التى تتشابه فى خصائصها مع خصائص ألياف السيلولوز ويمكن إستخدامها كمادة إضافية في صناعة الورق لزيادة متانته وكمادة صوفية ملساء لاستخدامات مياه الصرف وكمادة مضافة في أغذية الأطفال وكمادة مثبتة في المبيدات الحشرية وفي صناعات الطلاء وفي صناعة الألياف الصناعية المركبة وفي صناعة المواد العازلة وفي صناعة المواد الجيلاتينية.

د. إستخدام أصداف المحار وغيره من الرخويات كبديل للحصى في رصف الطرق وفي معالجة الحمأة المتبقية بعد معالجة مخلفات الصرف الصحى وكحبيبات مجروشة في أعلاف الدواجن وكمصدر للجير وكمادة تلتصق بها المحارات المستزرعة وفي صناعة الأزرار وغيرها من المواد المماثلة.

هـ. استخلاص الأنسولين من الأسماك ذات الذيل الأصفر وإستخدام جلود ورؤوس الأسماك في الصناعات الجلدية وفي تصنيع الصمغ والراتنجات.

٩. طرق معالجة المخلفات المحتوية على كائنات دقيقة حية

نظرا للخطورة الداهمة التى تمثلها المخلفات المحتوية على الكائنات الدقيقة التى تتبقى كنتاج العمل بالمعامل البحثية أو التشخيصية على البيئة فقد تم وضع بروتوكولات شديدة الحزم والصرامة لتلافى أخطار هذه النفايات يجب الرجوع إليها لمعرفة تفاصيل وتقنيات معالجة هذه المخلفات. ويكفى الإشارة فى هذا الصدد إلى أن الوسائل التقليدية المستعملة للتخلص من هذه النوعية الخاصة من الكائنات الحيوية تشمل بصفة أساسية التعقيم بواسطة البخار المضغوط وإستخدام بعض الكيماويات القاتلة للكائنات الدقيقة. وفى حالة إحتواء هذه المخلفات على كائنات دقيقة مهندسة وراثيا يضاف إلى

الوسيلتين السابقتين أسلوب الحرق التام فى درجات حرارة قاتلة لهذه الميكروبات.

١٠. طرق معالجة المخلفات الصناعية الصلبة

تمثل المخلفات الصناعية الصلبة مشكلة عويصة أمام منظومة الحلول المتاحة لمعالجة المخلفات لأسباب عديدة منها الحجم الضخم لبعض هذه المخلفات الذى قد يشمل مكونات البنية الميكانيكية والكهربائية لمصانع كاملة وأيضا المحتوى السام والخطير من المعادن الثقيلة أو الكيماويات الخطيرة المتبقى فى بعضها الآخر إضافة إلى تلويثها لمكونات البيئة الرئيسية كالهواء والتربة والمياه الجوفية فى حالة عدم معالجتها المعالجة السليمة والصحيحة لتفادى هذه الأخطار.

وتتراوح الوسائل التقليدية فى معالجة المخلفات الصناعية بين إسترجاع ما يصلح للإستخدام منها فى أنشطة أخرى وبين دفن المتبقى منها إلا أن الإتجاه السليم الحديث فى هذا الصدد يعتمد بصفة شبه كلية على عدة مفاهيم محددة بعضها وقائى مثل الحد من توليد النفايات من المنبع وبعضها علاجى يعتمد أساسا على إعادة التدوير وإعادة الاستخدام لمكونات هذه المخلفات إما داخل المصنع أو خارجه. ويعد هذا المفهوم الحديث الذى يعني إعادة استخدام المخلفات بعد معالجتها للحد من تأثيرها على البيئة وإعتبارها موارد ومواد خام تقوم عليها أو تستفيد منها صناعات أخرى تطورا هاماً فى هذا الصدد يساهم بصورة فعالة فى علاج مشاكل المخلفات بالنظر إلى فوائده البيئية والإقتصادية التى تشمل على سبيل المثال :

١. الحد من استنزاف الموارد الطبيعية مثل الغابات بإعادة تدوير وتصنيع المنتجات الورقية ومثل الإحتياطيات المعدنية بتدوير وإعادة استخدام نفايات الحديد والألمنيوم والزجاج.

٢. تقليل حدة التلوث البيئي الناتج من الوقود أو التفاعلات الكيماوية للخامات الأولية والتغلب على المشاكل الصحية والبيئية الناجمة عن عمليات المعالجة غير السليمة للنفايات سواء بالحرق أو الدفن أو الإلقاء دونما إعتناء فى الأحوزة العمرانية أو الزراعية وما تتسبب فيه من آضرار.

٣. تقليل استيراد المواد الخام الأولية التي يتم توفيرها من المواد المعاد تدويرها.

٤. الحد من استهلاك الطاقة حيث إنه عند استخدام نفايات الألمنيوم تنخفض كمية الطاقة بنسبة تقارب ٣٠ ٪ من الطاقة اللازمة لإنتاج نفس الكمية من الألمنيوم الخام وكذلك الحال في نفايات الحديد حيث تنخفض بنسبة تقارب ١٥ ٪ من الطاقة اللازمة لإنتاج نفس الكمية من الحديد الخام بالإضافة إلى أن بعض النفايات يمكن الاستفادة منها كمصادر بديلة للطاقة .

٥. تقليل كمية النفايات الصلبة التي يجب معالجتها أو التخلص منها من خلال إعادة تدوير النفايات أو استخدامها كمدخلات لصناعات أخرى.

وتشمل التطبيقات الحالية لمفهوم إعادة التدوير والإستخدام الكثير من الأمثلة مثل استخدام النفايات الصناعية الصلبة بعد إجراء عمليات محدودة لتحويلها إلى ركام واستخدامها في أعمال البناء كاستعمال رمل المسابك والخبث والرماد

الناتج عن عمليات الاحتراق وبعض المواد الأخرى في رصف الطرق وإستخدام نفايات صناعة البلاستيك واللدائن ومثيلاتها من المواد الصلبة الأخرى لصناعة المواد اللازمة لبناء الأرصفة والحواجز الإصطناعية لحماية الشواطئ وإستخدام مخلفات كسر الزجاج سواء الناتجة من القمامة أو مخلفات مصانع المياه الغازية أو الأدوية كمادة خام بإعادة صهرها وتشكيلها لإنتاج العديد من المنتجات الزجاجية. كما تضاف مخلفات كسر الزجاج الناتج في مصانع الزجاج إلى المواد الأولية بنسب تتراوح ما بين ٢٠-٣٠٪ مما يساعد على تقليل استهلاك الطاقة وتقليل كمية الخامات اللازمة وبالتالي تقليل التلوث البيئي. وإستخدام مخلفات الكرتون والورق سواء الناتج من المصانع أو القمامة لصناعة العديد من المنتجات الورقية إضافة إلى إستخلاص المعادن من المخلفات الصناعية الصلبة مثل نفايات المناجم وبقايا عمليات التعدين نظرا لإحتوائها على مواد معدنية ذات قيمة عالية تتميز بفائدتها الإقتصادية الكبيرة حيث أنه يمكن على سبيل المثال إستعادة حوالي ٥٠ ٪ من المعادن الموجودة في النفايات الصناعية المعدنية بواسطة الوسائل التكنولوجية المتاحة حاليا.

سابعاً : تقنيات الهندسة الوراثية و التكنولوجيا الحيوية للتعامل مع مشكلة المخلفات

يمثل كشف وإستحداث تقنيات الهندسة الوراثية وتطبيقاتها العملية فى مجال التكنولوجيا الحيوية ثورة علمية بالمعنى الحرفى للكلمة تضارع فى أهميتها الثورة العلمية المشابهة لها والمتمثلة فى كشف وإستحداث تقنيات النانو وتطبيقاتها العملية فى مجال التكنولوجيا الهندسية. وتتميز هذه التقنيات الحديثة بإنضوائها تحت لواء الثورة الأم فى هذا المجال وهى ثورة التكنولوجيا النظيفة التى وضعت نصب عينيها هدفا رائدا هو السعى دونما كلل أو ملل إلى إستبدال كل ما هو ملوث للبيئة ببدائله غير الملوثة للبيئة عن طريق البحث العلمى الجاد والدؤوب بغية إستحداث الوسائل والتقنيات لتحقيق هذا الهدف.

ويجب أن تتميز منتجات الهندسة الوراثية التى تستخدم فى تطبيقات التكنولوجيا الحيوية فى مجال معالجة المخلفات بثلاث خواص متلازمة إذ يجب أن تكون فعالة وآمنة وإقتصادية الكلفة ليس فقط لضرورة توافر هذه الصفات الثلاث فيها من ناحية الجودة والمواصفات العلمية البحتة بل لأنها الضمان الوحيد للإستمرار فى إستخدامها وتطبيقها واللجوء إليها عِوَضا عن الوسائل التقليدية الأخرى بما يؤدى إلى رواج تسويقها وإلى تشجيع الأبحاث العلمية الرامية إلى تحسين هذه المنتجات وإستحداث منتجات أخرى ذات أفضلية عليها وهكذا مثلما يجرى عليه الحال فى مجال البحوث العلمية الهادفة القابلة للتطبيق والإستفادة الفعلية من نتائجها.

وقد أثبتت تقنيات الهندسة الوراثية وتطبيقاتها فى مجال التكنولوجيا الحيوية فوائدها البالغة الأهمية فى الواقع العملى وأحرزت نجاحاتٍ باهرة فى العديد من مجالات إستخدامها وخاصة فى مجال معالجة المخلفات بأنواعها المختلفة نظرا لما توفره من أساليب تفضل الأساليب التقليدية المستخدمة فى هذا المجال من نواحى الفاعلية والأمان والتكلفة الإقتصادية. وتشمل تطبيقات هذه التقنيات فى معالجة مشكلة المخلفات إتجاهاتٍ عديدة تتمايز عن بعضها البعض

بأهدافها الرئيسية إلا أنها تشترك جميعها فى إعتمادها على وسائل محددة تشمل :

١. تحسين وتعديل الخصائص الوراثية لبعض أنواع الميكروبات (البكتيريا والفطريات) لتصبح أكثر كفاءة وقدرة على هضم وتكسير بعض أنواع المخلفات المعقدة أو السامة لتقليل أو إزالة آثارها الضارة أو لتحويلها إلى مواد أقل تعقيدا وأكثر قابلية للمعالجة بوسائل أخرى.

٢. إستحداث ميكروبات معدلة وراثيا تتميز بخصائص بيولوجية مطلوبة فى مجال معالجة المخلفات أو مواجهة آثارها السلبية والضارة على البيئة المنتجة فيها.

٣. إنتاج مواد بيولوجية فعالة بواسطة الميكروبات المهندسة وراثيا أو بواسطة التصنيع المعملى مثل الإنزيمات المستخدمة فى هضم المخلفات الزراعية والحيوانية وفى تكسير المركبات العضوية المعقدة الموجودة فى العديد من المخلفات لإزالة أو تقليل أضرارها.

٤. تحسين وتعديل الخصائص الوراثية للعديد من النباتات إما بجعلها أقل إحتياجا للمياه مما يقلل من حجم مخلفات الصرف الصحى وإما بجعلها قادرة أكثر كفاءة فى تثبيت الأزوت الجوى بواسطة أنواع معينة من البكتيريا التى تنمو على جذورها مما يقلل من إحتياجها إلى الأسمدة الزراعية وإما بجعلها أكثر قدرة على مقاومة الآفات الزراعية مما يؤدى إلى تقليل الحاجة إلى إستخدام المبيدات الزراعية فى مكافحة هذه الآفات. وتسهم المحصلة النهائية لهذه التعديلات الوراثية لهذه النباتات فى التقليل الفعال من مشاكل مخلفات الصرف الزراعى وما يحويه من ملوثات وسموم بيئية.

وتشمل هذه الإتجاهات :

١. التطبيقات الوقائية الإستباقية التى تهدف بالدرجة الأولى إلى التدخل المبكر فى الأنشطة والعمليات المنتجة للمخلفات بغرض تقليل حجم المخلفات الناتجة أو إنتاج مخلفات أقل ضررا وأقل سُمِيَّة للبيئة أو إستحداث وسائل فعالة لتقليل أو إزالة أضرار المخلفات المنتجة فعليا قبل التعامل معها أو التخلص منها بالطرق التقليدية.

أ. مثال ذلك إستخدام تقنيات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى إستنباط أنواع عديدة من النباتات المعدلة وراثيا بنقل جينات بعض النباتات الصحراوية التى تتحمل درجات الحرارة العالية وظروف الجفاف أو جينات بعض النباتات القادرة على مقاومة العديد من الآفات الزراعية أو جينات بعض النباتات القادرة على التعايش مع الميكروبات المثبية للأزوت فى جذورها العقدية إليها مما يؤدى إلى إستحداث أنواع مهجنة من هذه النباتات تمتاز بكونها أقل إحتياجا لمياه الرى وأقل إحتياجا للأسمدة وأقل إحتياجا للمبيدات الزراعية مما يؤدى إلى تقليل حجم مخلفات الصرف الزراعى وتقليل محتواها من بقايا الأسمدة والمبيدات الضارة والسامة للبيئة التى يتم صرفها النهائى فيها.

ب. ومثال ذلك إضافة إنزيم الفايتيز (Phytase) إلى غذاء الدواجن والخنازير التى لا تستطيع هضم الأغذية النباتية المحتوية على مادة الفايتيت الموجودة فى معظم النباتات الخضراء والتى تحتوى على نسبة عالية من عنصر الفوسفور وتقوم بإخراجه فى فضلاتها مما يسبب أضرارا بيئية كبيرة للتربة يمكن تلافيها بإضافة هذا الإنزيم إلى غذائها مما يمكنها من هضم مادة الفايتيت الموجودة فى غذائها وإمتصاص نسبة كبيرة من عنصر الفوسفور الموجود بها بديلا عن إخرجه

فى فضلاتها وتلويث البيئة به.

ج. ومثال ذلك أيضا إستخدام أنواع معينة من البكتيريا فى إستخلاص الذهب من عروق الذهب فى المناجم بدلاً من الوسائل التقليدية الميكانيكية والكهروكيميائية المعقدة مما يؤدى إلى توفير كميات هائلة من الطاقة اللازمة لهذه الوسائل التقليدية إضافة إلى تقليل ملحوظ فى حجم المخلفات الصناعية والمعدنية المتبقية بعد المعالجة البيولوجية مقارنة بحجمها المتخلف بعد الوسائل التقليدية.

د. ومثال ذلك إستحداث بكتيريا معدلة وراثيا قادرة على إنتاج صبغة الإنديجو اللازمة فى بعض الصناعات النسيجية فى خلاياها بمواد أولية بسيطة كبديل عن الوسائل التقليدية المستخدمة فى إنتاج هذه الصبغة والتى تتضمن إستخدام كيمايات سامة بالغة الخطورة على العاملين فى هذه الصناعة إضافة إلى ما يمثله وجودها ضمن مخلفات الصرف الصناعى من خطورة وسُمية بالغة على المحيط البيئى الذى يتلوث بها.

٢. تطبيقات التنبؤ المبكر بإحتمالات التلوث البيئى والمراقبة المستمرة لسير أحداثه والتى تمثل ركنا حيويا وأساسيا فى منظومة المعالجة الناجحة لمشاكل المخلفات وإحتواء أضرار التلوث البيئى قبل إنتشارها وتسبُبها فى أضرار واسعة يصعب علاجها أو تحتاج إلى تكلفة باهظة لعلاج آثارها. وتشمل هذه التطبيقات أمثلة كثيرة متنوعة تشترك فى إعتمادها بصفة أساسية على المجسَّات أو المُستشعِرات الحيوية التى يمكنها كشف التغيرات المحيطة بها وخاصة تلك الناتجة من نواتج التلوث بالمخلفات والتى تمثل تكاملا فريدا بين تقنيات التكنولوجيا الحيوية وتقنيات التكنولوجيا الهندسية حيث تتكون من جهاز إلكترونى دقيق الحجم تنتظم فى طياته مصفوفات مكونات بيولوجية خاصة قد تتكون من إنزيمات أو بروتينات مثلما هو الحال فى المستشعرات الحيوية البيوكيميائية أو أغشية حيوية أو مستقبلات عصبية أو أنواع خاصة من البكتيريا مثلما هو الحال فى المستشعرات الحيوية الميكروبية تتميز جميعها بإستجابتها السريعة والفائقة لأى تغيرات مهما كانت ضئيلة فى العديد من العوامل المحيطة بها مثل التغيرات فى درجة الحرارة أو درجة الحموضة أو فى تركيزات بعض المعادن أو المركبات العضوية المعرضة لها حيث تتغير بعضُ خواصها التى يمكن كشفها بحدوث تغييرات كهربائية أو كهروضوئية أو لونية أو بيوكيميائية لدى إستشعارها لهذه التغييرات. وتتميز هذه التطبيقات بقدرتها الفائقة على كشف التلوث البيئى فى أولى مراحله المبكرة التى لا يمكن كشفها بالوسائل التقليدية الحالية وهو أمر هام لإحتواء أخطاره ومنع إنتشارها وتقليل أضرارها إلى أقل حد ممكن.

٣. تطبيقات المعالجة الفعلية لمشاكل المخلفات والتى تمثل الكم الأكبر من هذه التطبيقات والتى تتشعب فى أساليبها وأهدافها ومفاهيمها لتشمل تقريبا جميع نواحى المعالجات المتعددة لمشاكل المخلفات والتى سبق الإشارة إلى العديد منها كما سيتم الإشارة إلى بعضها الآخر فى سياق إستخداماتها الخاصة فى بعض هذه المعالجات والتى يمكن تلخيص مميزاتها مقارنة بالوسائل التقليدية فى التخصص الدقيق فى عملها والكفاءة العالية فى قدرتها على إنجاز مهامها وتوفير جزء كبير من الطاقة اللازمة لأداء هذه المهام وإستبدال مدخلات الإنتاج الضارة والسامة بمدخلات عديمة الضرر أو أقل

ضررا وتقليل حجم المخلفات الناتجة من مصادر إنتاجها المختلفة وإزالة أو تقليل أضرارها البيئية وتعظيم وسائل الإستفادة من العديد من هذه المخلفات بواسطة إعادة التدوير وإعادة الإستخدام .. إلخ.

أنواع تقنيات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية المستخدمة فى معالجة مشاكل المخلفات

يمكن تقسيم تقنيات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية المستخدمة فى معالجة مشاكل المخلفات بطرق عِدَّة يعتمد أحدها على نوعية العنصر أو العامل الفعال فى التقنية المستخدمة. ومن هذا المنطلق يمكن تقسيم هذه التقنيات إلى تقنيات ميكروبيولوجية تعتمد على الكائنات الميكروبية المعدلة وراثيا لأداء المهام المطلوبة وتقنيات بيوكيميائية تعتمد على المنتجات البيوكيميائية المنتجة فى كائنات معدلة وراثيا أو المنتجة صناعيا فى المعامل البحثية لتحقيق المعالجات المستهدفة وتقنيات نانوبيوتكنولوجية تعتمد على مواد وأجهزة تقع أحجامها داخل نطاق الحيز النانومترى يمكنها إما بمفردها أو كتطبيقات مساعدة لتطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية المساهمة فى هذه المعالجات. كما يمكن أيضا فى هذا الصدد تمييز ما يمكن تسميته بالتقنيات البيوإشعاعية وهى التقنيات التى تعتمد على قدرة الإشعاعات المؤينة والمَوْجِيَّة على إحداث تأثيرات فيزيوكيميائية تساعد التقنيات البيوتكنولوجية فى أداء مهامها مثل قدرة الإشعاع على تكسير المركبات العضوية المعقدة فى المخلفات إلى مركبات اقل حجما وأقل تعقيدا يمكن هضمها أو تحويلها بسهولة أكبر أو قدرتها على إحداث طفراتٍ وراثية فى أنواع معينة من الميكروبات لتعديل خصائصها الوراثية بغرض تحسين قدراتها الوظيفية أو إكسابها قدرات جديدة لتأدية وظائف محددة مطلوبة.

أولاً : تقنيات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية الميكروبيولوجية

١. تستخدام الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية لزيادة قدرة وكفاءة أنواع معينة من الميكروبات التى تستطيع هضم وتكسير المركبات العضوية الضارة فى المخلفات أو التى تنتج من الحوادث البيئية مثل التلوث البترولى لإزالة أضرارها وسميتها أو لجعلها أقل سميةً أو لتحويلها إلى نواتج وسيطة قابلة للتدوير والتصنيع.

٢. تستخدام الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية لزيادة قدرة أنواع معينة من الميكروبات على معالجة مياه الصرف الصحى والصناعى قبل صرفها فى المجارى المائية بإزالة الملوثات المختلفة الخطيرة الموجودة بها مثل المركبات العضوية المحتوية على الكلور وكذلك بالإزالة النوعية لبعض هذه المخلفات مثل إزالة المعادن الثقيلة كالكبريت والفوسفور وإستخلاصها وإعادة إستخدامها فى الصناعات المختلفة وأيضا بتحويل الكميات الكبيرة من الفطريات المتبقية المستخدمة فى صناعة إستخلاص المضاد الحيوى (البنسلين) بعد إستخلاص البنسلين منها وتحويلها إلى علف غذائى عالى القيمة للحيوان.

٣. تستخدام الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية كأحد الوسائل الفعالة والمبشرة فى مواجهة مشكلة نقص المياه المتزايدة فى العديد من دول العالم وذلك بزيادة قدرة أنواع معينة من الميكروبات على معالجة مياه الصرف الصحى والزراعى وذلك بتطهيرها من المخلفات العضوية الضارة ومن بقايا المخصبات والأسمدة العضوية ومن نواتج المبيدات

الحشرية السامة لجعلها صالحة للإستخدام الآمن مرة أخرى للبشر والحيوان والنبات.

٤. تستخدام الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى إستحداث وتهيئة العديد من الميكروبات كبعض أنواع البكتيريا وبعض أنواع الفطريات لإستخدامها كفلاتر بيولوجية لإزالة العديد من الملوثات البيئية الغازية التى تنتج من معظم الصناعات الخطيرة حيث يتم أولا تجميع هذه العوادم الغازية فى فلاتر خاصة تحتوى على البكتيريا والفطريات المعالجة بأساليب الهندسة الوراثية بحيث تكون قادرة على إمتصاص أو تكسير أو إزالة هذه الملوثات من المخلفات والعوادم الغازية قبل تراكمها فى البيئة مما يؤدى إلى تحسن ملحوظ فى تقليل نسب التلوث البيئى بهذه المخلفات الصناعية.

٥. تستخدام الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى إستحداث وتهيئة أنواع معينة من النباتات والميكروبات المهندسة وراثيا بغرض إستخدامها فى تنقية التربة الزراعية والمياه الجوفية من العديد من الملوثات العضوية وغير العضوية والمعادن الثقيلة وذلك بإستحداث خواص جينية جديدة لها تمكنها من إمتصاص المعادن الثقيلة وتركيزها وأيضا إمتصاص وتحليل الملوثات العضوية المعقدة وتكسيرها. ويمثل هذا النهج أسلوبا هاما ناجحا وفعالا وإقتصاديا فى مواجهة مشكلة تلوث التربة والمياه الجوفية على وجه الخصوص نظرا للحاجة الملحة والمضطردة لإعادة إستخدام هذه المياه الجوفية بسبب النقص المتزايد فى المياه الطبيعية النقية.

٦. تستخدام الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى إنتاج بعض ميكروبات الكرش الحيوانية المهندسة وراثيا ذات القدرة العالية على إنتاج الانزيمات الهاضمة للمواد اللجنوسليولوزية التى تمثل نسبة كبيرة فى العديد من المخلفات النباتية والزراعية لهضم هذه الألياف وتحليلها تحليلا كاملا بحيث يمكن للحيوانات الإستفادة المثلى منها كعليقة مالئة فى غذائها نظرا لعدم قدرة ميكروبات كرش هذه الحيوانات فى حالتها الطبيعية على تحليل هذه المواد تحليلا كاملاً.

ثانياً : تقنيات البيوتكنولوجيا والهندسة الوراثية البيوكيميائية

تهدف تقنيات الهندسة الوراثية والبيوتكنولوجيا البيوكيميائية إلى إنتاج بعض المواد البيولوجية الحيوية كالإنزيمات التى تلعب دورا محوريا وهاما فى حفظ البيئة النباتية والبيئة الحيوانية من مشاكل المخلفات وتلافى الآثار الضارة للملوثات الموجودة بها مثل المركبات التى تقوم بالتسميد الحيوي للنباتات وبالمكافحة الحيوية للأمراض النباتية والحيوانية. وتتميز الإنزيمات مقارنة بالمواد غير الإنزيمية التى تستخدم لذات الأغراض بخواص فريدة تتيح الإستفادة منها فى مجالات شتى فى منظومة المعالجة البيوتكنولوجية الفعالة والآمنة والإقتصادية للمخلفات تمتد حتى لتشمل الكثير من معالجات المخلفات الصناعية وتشمل مميزات الإنزيمات فى هذا الصدد تخصُّصها الشديد فى طريقة عملها وفعاليتها العالية والحاجة إلى كميات محدودة منها لأداء العمل لدورات كثيرة متتالية وإنعدام سُميتها وقابليتها للتفكك الحيوى بعد الإستخدام وقدرتها المتجددة على أداء العمليات المطلوبة دون إستهلاك يُذكَر وقدرة بعض أنواعها على العمل بكفاءة فى درجات حرارة عالية وفى درجات متفاوتة من حموضة وقلوية وسط التفاعل وندرة الآثار الجانبية الضارة الناتجة عنها سواء فى المنتجات أو فى خطوات العمل وتقنية الإنتاج لهذه المنتجات.

وتفتحُ الإمكانيات غير المحدودة لإستخدام تقنية الهندسة الوراثية فى تطبيقات التكنولوجيا الحيوية مجالا رحبا فسيحا لإنتاج بروتينات وإنزيمات مهندسة وراثية فى المعامل البحثية دونما حاجة إلى أسلوب إستحداث طفرات وراثية فى كائنات حية دقيقة لتلافى أى إحتمالات غير محسوبة لبروز كائنات ذات صفات وراثية غير مرغوبة أو ضارة أو لا يمكن التحكم فى إنتشارها أو فى تطوُّرها. وقد مهد الطريق لهذه التقنيات إتساع المعرفة فى مجالَيْ علوم الجينوم والبروتيوم سَوِيًا والتقدم المماثل فى مجال التكنولوجيات الهندسية وخاصة فى مجال تكنولوجيا النانو حيث أصبح من الممكن الآن إنتاج بروتينات وإنزيمات حسب الطلب لتأدية وظائف بيولوجية محددة. ورغم نجاح هذه التقنية حتى الآن على النطاق المعملى فقط إلا أنه من المتوقع أن تصير قابلة للتطبيق فى مجال الإنتاج التجارى خلال فترة قصيرة مما سيؤدى إلى تغيير كبير فى مفاهيم إستخدام تقنيات الهندسة الوراثية وفى تحديد أولويات أهدافها تبعا للمردود الإقتصادى لهذه الأهداف.

وفى الواقع فإن التمعُّن فى هذه التقنيات الجديدة والحديثة يكشف على الفور عن أفضليتها على العديد من تقنيات الهندسة الوراثية وتطبيقات التكنولوجيا الحيوية المستخدمة حاليا والتى تعتمد على إستخدام الكائنات الدقيقة لتأدية نفس الوظائف وهذا أمر هام نعتقد أنه يجب مراعاته منذ الآن فى التخطيط للأبحاث المزمَع إجراؤها أو التطبيقات الواعدة فى هذا المجال والتى يجب أن تركز على تقنيات إنتاج البروتينات والإنزيمات على نطاق معملى صناعى حسب الطلب بديلاً عن إنتاجها من خلال تعديل الصفات الوراثية للكائنات الدقيقة لتقوم بإنتاج هذه البروتينات وهذه الإنزيمات. فالإنتاج التجارى المباشر لهذه المنتجات البيولوجية يعنى كلفة إقتصادية أقل ويعنى طريقا أقصر لتحقيق الأهداف ويتفادى الحاجة إلى التعامل مع الكائنات الدقيقة المهندسة وراثيا بكل ما يحمله ذلك فى طياته من أخطار ويتيح الحصول على منتج واحد فقط متخصص فى أداء عمليات محددة دونما تداخل من أو مع بقية المنتجات التى تفرز طبيعيا فى الكائنات محل التعديل مما يؤدى إلى زيادة كفاءة أداء العمليات المرجُوَّة كما يتجنب التكلفة الباهظة فى معظم الأحيان لعمليات إستخلاص وتنقية هذه المواد من خلايا أو إفرازات الكائنات المعدلة وراثيا فى حالة إنتاجها داخل خلاياها.

ثالثاً : تقنيات النانوتكنولوجى و النانوبيوتكنولوجى

رغم ما يبدو ظاهريا من إنتفاء الصلة بين إستخدام تقنيات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى معالجة مشاكل المخلفات وورود ذكر تقنية النانوتكنولوجى وتقنية النانوبيوتكنولوجى المتفرعة عنها فى هذا المجال إلا أن التمعُّن المتأنى فى هذا الأمر يكشف عن الدور الهام الذى يؤمل ويتوقع أن تؤديه وتساهم به تقنيات النانوبيوتكنولوجى كأساليب مساعدة لحل هذه المشاكل. والواقع أنه بالنظر إلى كثرة وتعدُّد وأهمية ما تحقق من إنجازات محورية هامة فى مجال هذه التقنيات رغم قصر المدة المنقضية منذ بدئها فإننا نتوقع أن تسود تقنيات النانوتكنولوجى والنانوبيوتكنولوجى فى المستقبل القريب معظم مناحى منظومة معالجة المخلفات بل وأن تتصدر قائمة الأساليب الأكثر

فعالية والأكثر أمانا التى تعتمد عليها هذه المنظومة لتحقيق أهدافها مما يدعونا إلى لفت الأنظار إلى أهمية وضرورة إعادة ترتيب أولويات البحوث العلمية فى هذا المجال لتحظى أبحاث النانوتكنولوجى والنانوبيوتكنولوجى بما تستحقه من دعم وتشجيع وإهتمام فى ضوء ما يمكن تحقيقه من خلالها من فوائد بيئية وإقتصادية وعلمية لا حصر لها فى مجالات كثيرة يتصدرها مجال معالجة المخلفات وتلافى مشاكلها البيئية العديدة.

ورغم أن مساهمة هذه التقنيات الحديثة فى معالجة مشاكل المخلفات مازالت فى أطوارها الأولى إلا أنه من الممكن تبيُّن ملامحها الرئيسية فى الإتجاهات البحثية الآتية :

١. تساهم تقنيات النانوتكنولوجى فى إستحداث العديد من المواد التى تساعد فى المراحل السابقة لإستخدام تطبيقات التكنولوجيا الحيوية فى معالجة العديد من المخلفات مما يساهم فى رفع كفاءة هذه التطبيقات مثل تصنيع الأغشية الحيوية النانوية (Nano Biomembranes) والقنوات أو الممَّرات الحيوية النانوية (Nano Biochannels) والحويصلات الحيوية النانوية (Nano Biovesicles) والخيوط الحيوية النانوية (Nano Biofibers) ذات الكفاءة العالية فى إمتصاص وإدمصاص المركبات العضوية والأيونات الناتجة من المخلفات الإشعاعية والمعادن الثقيلة الموجودة فى مخلفات الصرف الصناعى والزراعى والصحى وفى عمليات التبادل الأيونى التى تتم فى بعض مراحل التنقية الحيوية لبعض هذه المخلفات وفى تعديل توازنات العديد من التفاعلات الكيميائية والبيوكيميائية التى تستخدم فى العديد من الصناعات وأساليب المعالجة البيولوجية للمخلفات وتوجيهها لتحقيق نتائج معينة لا يمكن تحقيقها بواسطة المواد أو الأجهزة كبيرة الحجم المتاحة حاليا.

٢. تعتمد بعض الإتجاهات البحثية والتجارية لتقنيات النانوبيوتكنولوجى نفس مفهوم إعادة التدوير وإعادة الإستخدام للمخلفات أو مفهوم أن مخلفات نشاط أو صناعة ما يمكن أن يكون مادة خام لنشاط أو صناعة أخرى حيث يمكن لتطبيقات النانوبيوتكنولوجى إعادة تدوير ما يتبقى من مخلفات إستخدامات تقنيات التكنولوجيا الحيوية مثل بقايا المواد البيولوجية كالبروتينات والإنزيمات والمواد العضوية والخلايا والفيروسات .. إلخ .. لإنتاج مواد ومنتجات وأجهزة نانوية تستخدم فى أغراض عديدة متنوعة كتقنيات أساسية أو كتقنيات مساعدة لتقنيات التكنولوجيا الحيوية المستخدمة.

٣. يتوقع أن تساهم بعض تقنيات النانوتكنولوجى والنانوبيوتكنولوجى مساهمة رئيسية فى تقديم حلول آمنة وفعالة لمعالجة مخلفات المستشفيات بالغة الخطورة على الصحة العامة للبشر. فبالإضافة إلى إستحداث أجهزة نانوية قادرة على تحييد النشاط الإشعاعى للمخلفات الإشعاعية الطبية بإمتصاص الأيونات المنطلقة من هذه المخلفات الإشعاعية فقد تم إستحداث الاكثير من المركبات النانوية التى تستطيع فصل وإمتصاص بعض البقايا البيولوجية الخطيرة فى هذه المخلفات مثل الفيروسات والكائنات الدقيقة الممرضة بل والبقايا العضوية كبقايا الدماء ومثال ذلك إستحداث بعض مركبات الماغنسيوم والسليكا العضوية فى صورة أغشية نانوية قادرة على عزل وإمتصاص مركبات الهيموجلوبين وبعض الإنزيمات الحيوية وبعض الفيروسات من بقايا المخلفات الموجودة بها مما يؤدى إلى إزالة الأخطار التى تتهدد الصحة العامة جراء التخلص غير الآمن من أمثال هذه الملوثات الخطيرة.

٤. تساهم تقنيات النانوبيوتكنولوجى بفعالية فى التصدى لبعض مشاكل المخلفات العضوية ذات الطبيعة الخاصة مثل التلوثات البترولية جراء الحوادث البحرية وغيرها حيث تساعد بعض المنتجات النانوية على جذب وتجميع جزيئات البترول فى تركيبات تساعد البكتيريا المستخدمة لهضمها وتكسيرها على التعامل معها بكفاءة أفضل.

٥. إنتاج أجهزة ومواد ومستهلكات بيولوجية نانوية صغيرة الحجم مقارنة بمثيلاتها المعتادة مما يؤدى إلى تقليل حجم المخلفات المنتجة فى الأنشطة المستهلكة لهذه الأجهزة وهذه المواد وهو تطبيق وقائى إستباقى ذو فائدة هامة فى ينبغى الإهتمام بدعمه وتعميمه مجال معالجة المخلفات.

رابعاً : تقنيات البيوتكنولوجيا الإشعاعية

يمثل إسلوب التشعيع وسيلة آمنة وفعالة وإقتصادية فى التعامل مع العديد من مكونات المخلفات العضوية وذلك لقدرة الإشعاع على تحليل وتكسير المركبات العضوية الكبيرة والمعقدة فى هذه المخلفات وكذلك لقدرته على إحداث تغييرات جينية متنوعة فى المادة الوراثية للكائنات المعرضة له ونشوء أنواع جديدة من هذه المطفرات يمكن التحكم فى صفاتها الوراثية وقدراتها البيوكيميائية بحيث تؤدى أغراضا محددة مطلوبة ومفيدة. وفى هذا الصدد يستخدام الإشعاع فى تحفيز نشاط بعض الكائنات الدقيقة وإحداث طفرات جينية جديدة بها تجعلها أكثر قدرةً وكفاءةً على التعامل مع المخلفات العضوية المختلفة. ومما يساعد على ذلك قدرة الإشعاع على تكسير المركبات والسلاسل العضوية الكبيرة والمعقدة فى هذه المخلفات مما يسهل من عمليات الفصل والإزالة لها.

إضافةً إلى ذلك يستخدم أسلوب التشعيع بطريقة ناجحة وآمنة وفعالة فى التعامل مع بعض نواتج المخلفات العضوية الأكثر ضررا وسميةً للبيئة للقضاء عليها أو إزالة آثارها أو قبل إستخدامها كنواتج وسيطة مثل :

١. إستخدام التشعيع فى القضاء على التلوث الميكروبى والتطهير التام لمخلفات المستشفيات الخطيرة والمُمْرَضة.

٢. إستخدام الإشعاع فى إزالة التلوث الميكوبى والطفيلى فى مياه الصرف الصحى والزراعى قبل إعادة إستخدامها فى أغراض الزراعات غير الغذائية مثل زراعة الأشجار الخشبية.

٣. إستخدام الإشعاع فى إزالة التلوث الميكروبى من المخلفات الحيوانية قبل إستخدامها فى تصنيع الأسمدة والأعلاف.

دور تطبيقات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية فى حل مشاكل المخلفات

١. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة مخلفات القمامة

١. إستخدام تقنية توليد الغاز الحيوي من المدافن الصحية للقمامة في الظروف اللاهوائية السائدة في المدفن الصحي حيث تتحلل القمامة الى مواد وسيطة تشتمل على مجموعة من الأحماض العضوية وكخطوة تالية ينتج الغاز الحيوي المتكون أساسا من غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون. وتتعرض القمامة داخل المدافن الصحية لثلاثة مراحل هي : التحلل المائي والتخمر الحامضي والتخمر الميثاني وهى عمليات شبيهة بعملية التحلل اللاهوائي والتي تحدث بشكل

طبيعي في أعماق البحيرات والتجمعات المائية والتربة. وتجرى عملية تحويل القمامة إلى غاز حيوي وسماد عضوي بخلطها بالماء أو بالرشيح ويجرى التفاعل بمعزل عن الهواء بفعل بكتريا الميثان التي تحول جزء من الكربون العضوي الموجود في القمامة إلى غاز حيوي قابل للاشتعال حيث يعقب استهلاك الهواء الجوي المتخلل بين أكوام القمامة نتيجة لنشاط الكائنات الحية الدقيقة ظروف لاهوائية ينساب الغاز الحيوي في مرحلتها الثالثة لإنتاج غاز الميثان. ويحتوى الغاز الحيوي المتولد تحت الظروف المثالية للتحلل اللاهوائي للقمامة على ما يقرب من ٥٠-٦٥٪ من غاز الميثان وما يقرب من ٣٥-٤٠٪ من غاز ثاني أكسيد الكربون مع كميات ضئيلة من غازات الأوكسجين والهيدروجين والنيتروجين ونترات الأمونيوم و كبريتيد الهيدروجين.

وتستخدم فى المدافن الصحية الحديثة اساليب أكثر تطورا وفائدة تعمل بنظام الخلايا بهدف استرجاع الغاز كوقود والاستفادة من المادة العضوية كسماد عضوي وذلك بصفة مستمرة حيث يقسم المدفن الى عدة خلايا مجهزة بوسائل إعادة ضخ محلول الرشيح وتجميع الغاز. وفي هذه الحالة يكون العمل مستمر ومتنوع بين الخلايا ففي حين تستقبل أحد الخلايا القمامة ويتم كبسها وتغطيتها فإن خلية أخرى تكون جاهزة لانتاج الغاز بينما الخلية التالية يكون الغاز قد استنفذ منها ومن ثم يتم تفريغها واستخدام المادة المتحلله كسماد عضوي وبذلك يستمر عمل المدفن بصفة مستمرة ويتم الاستفادة من جميع مخرجات التفاعل. وقد يستخدم الكمر الهوائي للمادة العضوية المتحلله كمعالجة ثانوية. ويتميز هذا النظام بالمحافظة على البيئة ومنع التلوث مع الاستفادة الكاملة من القمامة كمصدر للوقود الغازي والسماد العضوي. ويمكن التحكم فى كمية الغاز الحيوى الناتجة بالتحكم فى درجة حرارة وسط التخمير أو التفاعل كما يمكن تعظيم الإستفادة من هذه التقنية بوسائل عديدة مثل الخلط المنظم والمحدد لما لا يزيد عن مادتين أو نوعين فقط من المخلفات بنسب ثابتة وبتدفق منتظم إلى وسط التخمير والتفاعل مما يؤدى إلى ضمان حدوث عمليات تخمير أكثر استقراراً والحصول على نواتج طاقيِّة أعلى مردوداً وأكثر تجانساً.

٢. إستخدام تقنية الكمر الهوائي لتحويل القمامة الى سماد عضوي حيث يمثل الكمر الهوائي عملية حيوية تتم بواسطة الكائنات الحية الدقيقة التي تحول جزءا من الكربون في القمامة إلى ثاني أكسيد الكربون وماء ويتبقى الجزء الأكبر على هيئة مادة عضوية مثبته (دوبال). وتتم عملية الكمر الهوائى على مراحل متعددة ففى المرحلة الأولى تكون درجة الحرارة المنطلقة من الأكسدة الحيوية بواسطة الكائنات الدقيقة عالية لدرجة أنها لا تسمح إلا لنمو الكائنات الحية الدقيقة المحبة لدرجة الحرارة العالية كما أن استمرار ارتفاع درجة الحرارة لفترة طويلة يعمل على قتل الكائنات الحية الدقيقة الممرضة وبذور الحشائش. وفي المرحلة الثانية تستكمل مجموعة أخرى من الكائنات الحية الدقيقة تحليل القمامة العضوية إلى دوبال يستفاد منه كمحسن للتربة أو قد يضاف إلى علائق الحيوانات وهو أسلوب ذو فائدة إقتصادية كبيرة حيث ينتج كل طن من القمامة العضوية ما يقرب من ٣٥٠-٥٠٠ كيلو جرام من السماد العضوي المثبت.

٢. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة مخلفات الصرف الزراعي

تهدف التقنيات المستخدمة فى هذا المجال إلى تحقيق هدفين رئيسيين هما تقليل حجم مياه الصرف الزراعى وتقليل حجم المخلفات الكيميائية الضارة الموجودة بها مما يجعلها أكثر أمانا عند إعادة إستخدامها فى الأغراض أخرى أو عند صرفها فى مصباتها النهائية. ويتميز هذا المجال بوجود العديد مما يصعُب حصرُه من تقنيات يمكن ذكر أمثلة لأهم تطبيقاتها فيما يلى :

١. إستخدام أساليب الهندسة الوراثية وتقنيات التكنولوجيا الحيوية فى تحسين صفات وقدرات نباتات عديدة مثل الذرة لتمكنها من تركيز العناصر الثقيلة فى التربة والمياه فى أوراق النبات وليس فى بذوره ومثل الموز والموالح لتركيز هذه العناصر فى أغلفة الثمار وليس فى الثمرة نفسها ولتقليل تركيزها وتراكمها فى التربة الزراعية وتسربها إلى المياه الجوفية.

٢. تعديل الخصائص الوراثية لبعض النباتات لتكون أقل إحتياجا لمياه الرى لتقليل حجم الفاقد من المياه ولتقليل حجم الصرف الصحى أو لتكون أكثر قدرة على مقاومة الآفات الزراعية وأقل إحتياجا للمبيدات الزراعية أو لتكون أقل إحتياجا للأسمدة الكيميائية مما يؤدى إلى تقليل نسبة بقايا الأسمدة والمبيدات فى مخلفات الصرف الصحى والحد من آثارها البيئية الخطيرة.

٣. التوسع فى إستخدام أساليب الهندسة الوراثية وتقنيات التكنولوجيا الحيوية فى مجال المقاومة الحيوية للآفات الزراعية التى تعنى إستخدام الكائنات الدقيقة المحسنة وراثيا فى مقاومة او القضاء على الكائنات الدقيقة الممرضة للنباتات والمزروعات من خلال إفرازها للعديد من المواد المتنوعة (إنزيمات. مضادات حيوية. مواد محللة. مواد سامة. مواد طيارة .. إلخ) التى يمكنها القضاء على الكثير من الكائنات الممرضة للنباتات.

٣. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة مخلفات الصرف الصناعى

١. تستخدم مياه الصرف الصحي والزراعي والصناعي المعاملة في انتاج طحالب تستخدم لتغذية المواشي حيث تستخدم بعض أنواع الطحالب (طحلب الكلوريللا **Chlorella** وطحلب الاسبيرولينا **Spirulina** وطحلب السندسمس **Scenedesmus**) التى تقوم بإستخدام ضوء الشمس في عملية التمثيل الضوئي التي تساهم في امتصاص ثاني أكسيد الكربون من مياه الصرف السائلة كما تمد البيئة بالأكسجين اللازم لنمو البكتريا الهوائية. ونتيجة لتوفر الأكسجين يتم تكاثر الكائنات الحية الدقيقة وتقوم بتحليل المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الى مواد عضوية نافعة في صورة بروتين ومواد كربوهيدراتية وفيتامينات وأملاح مخزنة على هيئة كتلة حية في الكائنات الدقيقة. ولدى أستخدام مياه الصرف المحتوية على الطحالب في ري الأراضي الزراعية فإنها تتحلل في التربة الزراعية حيث تتحول الى سماد عضوي يزيد من خصوبة التربة كما يمكن استخدام هذه الطحالب في انتاج الوقود الحيوي (بيوديزل).

٢. تستخدم الطحالب والنباتات المائية مثل ورد النيل ونغشوش الحوت في ازالة العناصر الثقيلة والأصباغ والفينولات والمواد المشعة من مياه الصرف الصناعي والعناصر الثقيلة من مياه الصرف الصحي والزراعي ثم حرقها وترميدها واسترجاع المعادن الثقيلة مرة أخرى لاعادة استخدامها أو دفن النباتات بعد ترميدها في مدافن خاصة.

٣. تستخدم بعض أنواع الطحالب بحالتها الطبيعية وبعض الأنواع الأخرى المعالجة بأساليب الهندسة الوراثية لزيادة

كفاءتها ومضاعفة قدراتها الحيوية فى تكسير المكونات العضوية وغير العضوية السامة الناتجة عن الكثير من العمليات والأنشطة الصناعية فى مجالات التعدين والصباغة واستخراج البترول وإنتاج البتروكيماويات واللدائن الصناعية والمركبات الكلورينية والثقيلة والتى تمثل خطورة شديدة بعد إستخدامها. حيث تستطيع بعض أنواع الفطريات (Phanerochaete Chrysosporium) هضم المخلفات العضوية الكلورينية مثل العديد من المبيدات الحشرية والتخلص من بقاياها كما تستطيع بعض أنواع البكتيريا من فصيلة (Pseudomonas) تحليل البنزين والتولوين ومنتجات صناعة البترول وبقايا المبيدات الملوثة للبيئة وغير المرغوب فيها.

٤. تستخدم بعض أنواع البكتيريا لإزالة بقع الزيت التى تلقى عمدا فى البحار أو الناتجة من الحوادث البحرية والتى يمكن أن تتسبب فى كوارث بيئية للأسماك الموجودة فى نطاق التلوث أو فى الشواطىء المأهولة التى قد تصل إليها حيث تحتوى هذه البكتريا على بلازميد ينتج انزيمات يمكنها تحليل مجموعة من المكونات الكيميائية للبترول والمواد العضوية والمذيبات وبذا يمكن لهذه السلالات البكتيرية بما تقوم بإنتاجه بداخلها من انزيمات تكسير مكونات البترول الخام ومستحلبات الزيت في الصرف الصحي والصناعي وايضا المذيبات العضوية في الصرف الصناعي وبذا يمكن استخدامها في التخلص من بقع البترول التي تلوث البحار ومخلفات زيت الطعام في الصرف الصحي والمذيبات العضوية في الصرف الصحي والصناعي.

٤. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة مخلفات الصرف الصحى

أ. **المعالجة بالهضم اللاهوائي** حيث يتم هضم المادة العضوية باستخدام خليط من الكائنات الحية الدقيقة في ظروف لا هوائية ينتج عنها الغاز الحيوي المتكون أساسا من غاز الميثان والذي يستخدم كوقود غازي. وهذه الطريقة تعتبر معالجة ابتدائية محسنة حيث أن الحمأه الناتجة عن المعالجة تترسب ويتم فصلها للتجفيف أو أي معالجات أخرى كما يتم التخلص من أكثر من ٧٠٪ من المواد العضوية المعلقة والذائبة في المياه المتبقية التى يمكن معالجتها ثانويا أو صرفها واستخدامها في الزراعة في حالة نقص التمويل. وتتميز هذه الطريقة بإنخفاض تكلفتها الأنشائية مما يجعلها ملائمة لحل مشاكل الصرف الصحي في القرى المصرية كما أن استخدام الظروف اللاهوائية يساعد على الاستغناء عن ضخ الهواء اللازم في معالجات الأكسدة الهوائية مما يؤدى إلى خفض تكلفة التشغيل بالاضافة لانتاج الغاز الحيوي القابل للإستخدام فى المنازل والتجمعات العمرانية الصغيرة.

ب. **المعالجة باستخدام بعض النباتات المعدلة وراثيا** مثل البردي والبوص وورد النيل التى تقوم بإمتصاص بعض أنواع المعادن الثقيلة السامة وأيضا بعض العناصر الغذائية المفيدة مثل الفوسفور والنيتروجين كما تقوم بهضم المادة العضوية الموجودة بهذه المياه وتحويل بعضها من صورة ضارة إلى أخرى نافعة وتقوم أيضا بإختزال أعداد البكتريا الممرضة والضارة مما يمكنها من رفع نسبة الأوكسجين الذائب مما يحسن من خواص المياه ويقلل من نسبة الأمونيا ومن أعداد بكتيريا القولون الممرضة فيها ويجعلها صالحة لإعادة إستخدامها فى زراعة بعض أنواع الأعلاف الحيوانية كنبات علف الفيل وفى زراعة الأشجار الخشبية التى يمكن إختيار أنواعها القابلة لإستخراج البيوديزل منها بعد إكتمال نموها أو

أنواعها الصالحة للإستخدام فى إعداد وتصنيع الأخشاب أو فى الصناعات الأخرى مثل نباتات الغاب والبردى. كما تستطيع هذه البكتيريا ايضا تحويل النيتروجين السام إلى نيتروجين مفيد للنبات بعد تثبيته فى جذوره.

ج. إستخدام نبات ورد النيل ذى القدرة الكبيرة على امتصاص المعادن الثقيلة والمعادن السامة كالفضة والكوبالت والرصاص والزئبق والنيكل والاسترنشيوم والكادميوم من الماء حيث يتركز ٩٧٪ من عناصر الكادميوم والنيكل في جذوره خلال ٢٤ ساعة من تعرضه لها. كما يتميز هذا النبات بقدرته على إمتصاص الكثير من المركبات العضوية الموجودة في مياه الشرب مما يحسن من خواصها الطبيعية والصحية كما يتميز بقدرته على تنقية مياه الصرف من الكثير من الملوثات العضوية والمعدنية مما يخفض من مستوى التلوث بها بنسبة كبيرة تقارب الـ ٧٥-٨٠٪.

٥. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة المخلفات الزراعية

١. إنتاج الطاقة عن طريق تخميرها باستخدام بعض أنواع البكتريا اللاهوائية لانتاج غاز الميثان ثم الاستفادة من متبقيات عملية التحلل والتخمر (الدبال) في استخدامها كسماد وكمصدر للعناصر الغذائية في التربة الزراعية.

٢. إنتاج اسمدة عضوية باضافة جميع انواع مخلفات المزرعة من قش الارز والأحطاب (حطب القطن والذرة وغيرها) وعروش نباتات الخضر والحشائش وغيرها. كذلك يمكن اضافة روث المواشي وزرق الطيور ثم يتم تحلل هذه المخلفات جميعها بواسطة الكائنات الدقيقة الهوائية. وينتج عن هذا التحلل ارتفاع درجة الحرارة داخل الكومة مما يؤدي إلى قتل جميع الكائنات الممرضة والطفيليات المسببة للامراض. ويساعد تقليب الكومة على سرعة تحلل المكونات الاولية للكمبوست. كما يمكن أن تتم عملية الكمر الهوائي مع استخدام الميكنة المناسبة لانتاج الكمبوست على مستوى صناعي إقتصادى حيث يستخدم كسماد عضوي خالي من الأمراض ومن الحشرات ومن بذور الحشائش.

٣. الإستفادة من سرسة وقش الارز اللذين يحتويان على سيليلوز وسكريات ولجنين وسيليكا تصل نسبتها إلى ٢٠٪ بإستخدام سلالات من بكتريا الآكتينومايسيتيس قادرة على هضم سرسة الارز وقش الارز. وفصل السليكا واللجنين والسكريات منها حيث تُفْصَل السيلكا في صورة سليكا جل عالية النقاوة تستخدم في مجالات طبية وصناعية كثيرة كما يستخدم اللجنين في إنتاج اصباغ الاخشاب والاثاث كبديل للجامالكا.

٤. إنتاج الكمبوست من قش الأرز المخلوط بالروث الحيوانى وذلك بالكمر الهوائي وإستخدامه كسماد عضوي جيد وصالح لإستصلاح وإستزراع الأراضي الصحراوية إضافة إلى قدرته على تثبيط نمو العديد من الكائنات المُمْرضة للنباتات مما يساعد على تقليل استخدام المبيدات والأسمدة الكيميائية وتقليل تلوث مياه الصرف الزراعى بها. كما يؤدى إستعمال السماد العضوى (الكمبوست) كوسط حامل لكائنات المقاومة الطبيعية والمخصبات الحيوية دورا هاما فى تحسين كفاءة هذه الكائنات فى إجراء المقاومة الحيوية ضد الممرضات النباتية وفى تزويد النظام البيئى بالمركبات المضادة لهذه الممرضات وكذلك بالمغذيات المختلفة وفى خلق بيئة حيوية مقاومة للأمراض فى جذور النباتات بكثافة عالية.

٤. إستخدام تقنية كمبوست الديدان الأرضية بأقلمة بعض أنواع الديدان الأرضية لتنمو بين طبقات المخلفات الزراعية

والروث الحيوانى والمخلفات الآدمية الصلبة ومخلفات القمامة من الخضر والفاكهة والورق والكرتون لإنتاج سماد عضوي طبيعي يحتوى على نسبة عالية من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم بالمقارنة بالكمبوست الناتج بطرق المعالجة التقليدية.

٥. المعاملة البيولوجية للمواد السيليولوزية وذلك بتنمية أنواع معينة من الفطريات المحللة للسيليولوز على المخلفات النباتية لتحسين قيمتها الغذائية ورفع معامل الهضم وزيادة محتواها البروتيني لاستخدامها كعلف غير تقليدي.

٦. إنتاج السيلاج لإستخدامه كعلف حيواني بتقنية التخمر اللاهوائي للمخلفات النباتية الخضراء وذلك بإستخدام ميكروبات التخمر اللاكتيكي.

٧. أنتاج عيش الغراب بتنمية فطريات عيش الغراب على المخلفات النباتية لإنتاج الأجسام الثمرية لفطريات عيش الغراب (المشروم) لإنتاج غذاء ذو قيمة عالية للإنسان يتميز باحتوائه على نسبة عالية من البروتين والفيتامينات.

٦. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة المخلفات الحيوانية

١. تحويل روث المواشي ومحتويات الكرش إلى سماد عضوي أو إستخدامها لأنتاج الغاز الحيوي.

٢. معالجة مخلفات مصانع اللحوم وبعض المخلفات المنزلية بالهضم اللاهوائي لينتج عن ذلك الغاز الحيوي الذي يحتوى أساسا على غاز الميثان الذي يمكن استعماله كوقود. كما يمكن استخدام نظام الهضم اللاهوائي باستخدام أنواع من البكتريا النشطة فى درجات الحرارة العالية نسبيا (٥٥-٦٠°م) لانتاج الغاز الحيوي وضمان تعقيم المخلفات المتبقية بدرجة أكبر.

٣. الاستفادة من ريش الدجاج بإستخدام سلالات معينة من بكتريا الأكتينومايسيتيس النشطة فى درجات الحرارة العالية لهضم الريش وتحليله تماما إلى درجة الاذابة الكاملة وإستخدام نواتج هذه المعالجة فى العديد من الصناعات حيث يحتوى ريش الدجاج وزناً على ٨٦٪ من البروتين القرني الغني بالاحماض الأمينية المحتوية على الكبريت وتحوى هذه النسبة ٣٦,٤٪ منها كبروتينات ذائبة تستخدم كآضافات للاعلاف كما تحوى أحماضا أمينية ذائبة بنسبة ٣١٪ تستخدم في صناعة وانتاج الاحماض الامينية وتحوى أيضا مركب الأمونيا بنسبة ٩,٧٪ الذى يستخدم في صناعة الأسمدة الزراعية. بالاضافة إلى كميات من انزيم الكرياتينيز تستخدم في صناعة مستحضرات انزيمية تجارية.

٧. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة المخلفات الصناعية

أ. استخدام كائنات حية دقيقة معدلة وراثيا بتقنية الهندسة الوراثية لها القدرة على النمو وسط وتحويل مخلفات الصناعات الغذائية إلى مواد نافعة حيث تحتوى مخلفات الصناعات الغذائية التى تحوى بقايا الفواكه والخضروات على الكثير من المواد الغذائية المفيدة كالأحماض الأمينية والفيتامينات يمكن ويجرى الاستفادة منها باستخدامها كبيئة غذائية لنمو أنواع خاصة من البكتيريا المهندسة وراثيا (Bacillus FS-1) لتصبح قادرة على إنتاج إنزيم البروتييز الذى يقوم بتكسير البروتينات المعقدة المتواجدة داخل هذه المخلفات الغذائية وتحويلها إلى مركبات ذائبة وأحماض أمينية

ومركبات أخرى ذات قيمة غذائية عالية وقيمة إقتصادية ملابحة.

ب. استخدام كائنات حية دقيقة معدلة وراثيا بتقنية الهندسة الوراثية لها القدرة على تكسير وتحليل العديد من أنواع المخلفات العضوية وتحويلها إلى مواد بسيطة يمكن الإستفادة منها. وقد تطور الأمر إلى إستحداث أنواع جديدة من البكتيريا المعدلة وراثيا (Alicaligenes Entrophus) القادرة على إمتصاص المعادن الثقيلة وتخزينها داخل خلاياها ليتم فيما بعد ترسيبها وإستخلاصها مرة ثانية حسب الحاجة. وتتميز هذه التقنية بالإضافة إلى تقليل التلوث الصناعى ومحاربة التلوث البيئى بتقليل إستهلاك وتفادى استنفاذ الاحتياطات المعدنية المتاحة من هذه المعادن.

ج. إستحداث أنواع خاصة من البكتيريا المعدلة وراثيا (Rhodococcus Chloropheno) قادرة على تكسير المركبات والمخلفات العضوية المحتوية على الكلور يمكن إستخدامها لتطهير الأماكن الملوثة به وتخليص البيئة من هذه الملوثات والمخلفات العضوية الخطيرة.

٨. إستخدام أساليب التكنولوجيا الحيوية فى معالجة مخلفات الأسماك

تعتمد معالجة المخلفات السائلة من بقايا الأسماك على إزالة المواد العالقة بالتصفية والترسيب في أحواض مجهزة لهذا الغرض كخطوة أولى يعقبها المعالجة الثانوية بمعالجتها فى مصفى حيوي يحوى هواءا مضغوطا مذابا لتعويم المواد الطافية كالدهون والشحوم حال تكونها ومن ثم كشطها وتعريضها لأنواع معينة من البكتيريا المستزرعة على أسطح وسيطة قادرة على إختزال المواد العضوية الموجودة بهذه الدهون والشحوم إلى مركبات مغذية يتم إزالتها بعوالق نباتية مثل فطريات الكلوريللا أو حشائش السبيروديلا ثم يتم حصادها وتجفيفها وخلطها مع أعلاف الحيوانات لزيادة الكفاءة الغذائية لهذه الأعلاف.

ثامناً : الوضع الحالى لمشكلة المخلفات فى الدول المتقدمة

تنبهت الدول المتقدمة منذ أمدٍ بعيد وفى مراحل مبكرة من تطورها إلى أسباب وأبعاد مشكلة المخلفات وإلى نتائجها وآثارها العديدة والسلبية والخطيرة على مختلف عناصر البيئة الصحية والنفسية والإقتصادية والعمرانية والسياحية .. إلخ وشرعت فى العمل على حلها بواسطة منهجٍ متكامل صار أسلوباً ناجحاً وفعالاً فى التعامل الأمثل معها. ويتضمن هذا المنهج التعرف الكافى على جميع جوانب المشكلة والتخطيط السليم لمواجهتها وإيجاد الحلول العلمية والإقتصادية الصحيحة لها. وقد إنتظمت خطط الحلول الناجحة لمشكلة المخلفات فى تلك الدول فى عدة محاور هى :

١. سن القوانين والتشريعات الحازمة والصارمة التى تهدف إلى حماية البيئة وضمان سلامتها كهدفٍ نهائى لا يُسمَح بأى إنتهاك له أو أى تفريط فيه وذلك بدءا من وضع المواصفات الخاصة للإشتراطات الواجب توافرها فى كل الأنشطة والصناعات المنتجة لهذه المخلفات والتى تضمن إنتاج اقل قدر من المخلفات وتحجيم آثارها الضارة أو السامة إلى اقل حد ممكن مرورا بالمراقبة المستمرة والمتابعة الجادة والحازمة لمدى الإلتزام بتطبيق هذه الإشتراطات بصفة مستمرة فى جميع مراحل إنتاج المخلفات والتعامل معها والتخلص منها وإنتهاءا بالعقوبات الرادعة لمخالفتها.

٢. إعتبار المخلفات كنواتج وسيطة وليس كنواتج نهائية فى المنظومة الحيوية مما مهد الطريق لإستحداث العديد من التقنيات والوسائل للإستفادة من كل ما يمكن إستخدامه من مكونات هذه المخلفات فى العديد من الصناعات الإقتصادية الناجحة المربحة مثل الصناعات التدويرية للنواتج الورقية والبلاستيكية والزجاجية والمعدنية وكذلك صناعة الأسمدة من النواتج العضوية وإنتاج غاز الوقود منها وإنشاء مزارع للخنازير تعتمد فى غذائها على هذه المخلفات العضوية .. إلخ.

٣. التخطيط وبدء التنفيذ الفعلى لما يمكن تسميته بمشروع إنتاج طاقة متجددة بإستمرار من مخلفات متجددة بإستمرار يهدف إلى إعتماد الطاقة الحيوية الناتجة من إستخدام ومعالجة المخلفات العضوية الحيوية وغير الحيوية كأحد أهم مصادر وأشكال الطاقة المستقبلية المتجددة بإستمرار (مثل طاقة الرياح . الطاقة الشمسية . طاقة المياه . الطاقة الجيوحرارية .. إلخ) والتى يمكن الحصول عليها فى أشكال مختلفة قابلة للإستخدامات المتنوعة كطاقة حرارية أو غازية أو كهربائية وذلك بالنظر إلى المميزات والفوائد البيئية الجَمّة المتحققة نتيجة هذا الإتجاه مثل التخلص الآمن من أحد أهم مصادر المخلفات المتجددة بإستمرار وتقليل حدة الإنبعاثات الغازية وما قد تسببه من أضرار بيئية جسيمة على المدى البعيد إضافة إلى العائد الإقتصادى الناتج من إنتاج الطاقة وغير ذلك من فوائد.

٤. دعم وتشجيع الأبحاث العلمية الهادفة إلى كشف مختلف أبعاد هذه المشكلات وإيجاد أفضل الحلول المناسبة لمواجهتها ووضع نتائج هذه البحوث العلمية موضع التطبيق للإستفادة منها. ويتمثل نجاح هذا المنهج ـ فيما يختص بموضوع هذه الدراسة ـ فى إستخدام علوم التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية لإستحداث العديد من التقنيات الأكثر كفاءةً وأمانا فى التعامل مع المخلفات البيئية لتحقيق أهدافٍ هامة عديدة منها تجنب وتقليل أضرار المخلفات وتحويلها إلى نواتج أخرى مفيدة وتعظيم فوائد الوسائل الحالية .. إلخ.

وقد نجحت الدول المتقدمة التى أخذت بهذا النهج فى معالجة مشاكل المخلفات نجاحا كبيرا يتواصل بإستمرار ويتمثل فى نظافة وسلامة البيئة الأحيائية التى تحيا فيها شعوبها مقارنة بالدول الأخرى التى لم تزل فى بداية هذا الطريق. ويمكن تحديد هذا النهج السليم فى التعامل مع مشاكل المخلفات والذى يجب أن يمثل نموذج الحلول المثلى الذى يجب علينا إتباعه فى مصر لمواجهة هذه المشاكل بذكر بعض خططه ومعالمه النظرية وبعض أساليبه التقنية مثل :

١. إعتماد منهج إستخدام وسائل وتقنيات أكثر كفاءة وأماناً لتقليل حجم وأضرار نواتج المخلفات قبل وأثناء إنتاجها وليس بعد إنتاجها وتراكمها فى البيئة والبدء فى مواجهة أضرارها.

٢. إستخدام التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية كوسائل إنتاج مثلى لأنواع عديدة من الميكروبات تمثل خط الدفاع الأول للبيئة للتخلص الآمن من الملوثات والمخلفات الخطيرة والضارة سواء فى الهواء أو الماء أو التربة.

٢. إستخدام التكنولوجيا الحيوية لإنتاج مواد وسيطة وإستحداث وسائل فعالة لإنتاج مخلفاتٍ أقل أو مخلفات أكثر قابلية لإعادة التدوير والإستخدام.

إلا أنه ينبغى فى ذا الصدد مراعاة ظروف الإختلافات بين المجتمعات المختلفة ففى ألمانيا مثلا يحظر قانون الطاقات البديلة إستخدام العديد من أنواع المخلفات لإنتاج الطاقة الحيوية مثل الحمأة المتبقية بعد معالجة مخلفات الصرف الصحى ومخلفات الأعضاء والأحشاء الحيوانية ومخلفات الورق والكرتون والأنسجة القماشية والقمامة المختلطة والغازات المنتجة من مقالب القمامة ويسمح فقط بإستخدام مواد ومخلفات عضوية محددة هى : الأخشاب المزروعة بهدف إستخدامها لإنتاج الوقود ومخلفات النباتات ومخلفات تصنيع الأسماك ومخلفات تصنيع الأخشاب والزيوت النباتية ومخلفات المطابخ والمطاعم ومخلفات تصنيع المواد الغذائية بينما تمثل هذه الأنواع المحظورة نسبة كبيرة من مخلفات البيئة المصرية مما يحتم معالجتها وإستخدامها كلما أمكن ذلك وفق الشروط البيئية المعيارية.

تاسعاً : الوضع الحالى لمشكلة المخلفات فى مصر

تعانى مصر حاليا ومنذ فترة طويلة من النتائج الكارثية والمأساوية المفزعة لمشكلة تراكم المخلفات بأنواعها المختلفة فى ربوع البلاد وذلك فى ظل غياب كامل للوعى بأسباب المشكلة وفى ظل غياب كامل لإدراك الأخطار الكامنة فيها وفى ظل غياب كامل لأى حلول مسؤولة أو جادة أو فعالة لمواجهتها بل والأدهى من ذلك فى ظل غياب أى إحساس لدى المسؤولين عنها بواجباتهم تجاهها وهو موقف خطير ينذر بعواقب وخيمة تتهدد النواحى الصحية والبيئية والإجتماعية والنفسية لجموع الشعب التى تعانى منها وتئنٌ من وطأتها.

المعوقات التي تواجه خطط إدارة المخلفات في مصر

١. المعوقات المالية : تمثل المعوقات المالية حجر العثرة الرئيسى فى طريق التنفيذ السليم والشامل لخطط إدارة المخلفات فى مصر حيث يمثل التمويل المخصص حاليا لهذه الخطط جزءا يسيرا لا يكاد يفى بأى متطلبات جادة لإدارتها إذ تتمثل مصادر هذا التمويل حاليا فى : الموازنة المالية الحكومية المخصصة للمحافظات المختلفة والتي تشهد انخفاضاً شديداً مقارنة بحجم الاحتياجات وفى ضريبة النظافة بواقع ٢٪ من القيمة الايجارية للوحدات السكنية وفى المنح والقروض الخارجية التى تخصص غالباً لإجراء الدراسات وشراء المعدات وأخيرا فى المبالغ المخصصة لهذا الغرض التى تم ربط تحصيلها بتحصيل فاتورة الكهرباء.

ورغم تعدد هذه المصادر إلا أنها لا تكفى لتقديم الحلول الفعالة فى هذا الصدد لأسباب عديدة منها : ضخامة المشكلة وتعدد أبعادها وضرورة الإستعانة بتقنيات التكنولوجيا الحيوية والتكنولوجيات الهندسية الحديثة ذات التكلفة المالية الباهظة لتقديم الحلول المثلى لها وضرورة توفير التكلفة المالية الضرورية لإعداد العاملين المدربين الأكفاء لتنفيذ هذه الخطط.

٢. المعوقات الإدارية : تمثل المعوقات الإدارية بدورها حجر العثرة الآخر الذى يقف حائلا دون أى تطوير جاد وفعال لخطط إدارة المخلفات في مصر مثلما هو الحال مع معظم المشاكل المزمنة بغير علاج التى تواجه معظم – إن لم يكن جميع – مناحى الحياة فيها. وتتمثل هذه المعوقات فى :

١. عدم وجود جهة قومية مركزية تكون مسؤولة عن معرفة اسباب المشكلة وتحديد أبعادها ووضع إشتراطات ومواصفات وأنظمة الخطط السليمة اللازمة لمواجهتها ومتابعة تنفيذ هذه الخطط فى جميع أنحاء البلاد وتصحيح ما يتبدى من أوجه قصور أو نقص أو أخطاء أثناء تنفيذها وتحديث الوسائل اللازمة لها والمراقبة الأمينة الكاملة لضمان تنفيذ هذه الخطط.

١. عدم وجود إدارة مسئولة عن المخلفات الصلبة في الهيكل التنظيمي لبعض المحافظات.

٢. نقص الخبرات والكوادر البشرية المدربة في هذا المجال.

٣. تعدد الرئاسات المعنية مما يحول دون التحديد الواضح للمسئوليات فى حالات الخطأ والتقاعس والإهمال.

٤. انخفاض معدلات الأجور مما يؤدي الى زيادة نسبة الغياب وإهمال الإنتظام والإلتزام بالعمل.

٥. غياب مفهوم ومعايير الثواب والعقاب مما يشيع مناخ اللامبالاة والإستهتار والتسيب العام الذى صار سِمَةً رئيسية فى أماكن وجهات العمل المختلفة.

٦. العشوائية الواضحة والترهل والتسيب واللامبالاة والفساد فى وضع ومتابعة وصيانة منظومات التخطيط والتنفيذ والإدارة لمعظم نواحى الحياة بما ينعكس بالسلب والأذى والضرر على معظم الأحياء نتيجة تراكم مشكلات هذه العشوائية ومن بينها مشكلة معالجة المخلفات.

وتشكل هذه العشوائية دائرة شيطانية مغلقة ومتكاملة تدمر وتخرب وتبدد الأمل فى أى إصلاح أو تحسن أو تقدم فى المستقبل القريب أو البعيد. فعشوائية الحرية الزراعية وإلغاء نظام الدورة الزراعية مثلا أدت إلى ما نعانى منه حاليا من إستنزاف لثروتنا المائية بسبب الزراعة العشوائية غير المنظمة وغير المقننة للمحاصيل الأعلى إحتيجا للمياه مثل الأرز والموز وقصب السكر فى ظل ظروف ضاغطة من الفقر المائى الذى يتهددنا منذ فترة بعيدة إضافة إلى ما تسببه من زيادة ملحوظة فى مشاكل ملوثات االصرف الزراعى الخطيرة الناتجة عنها وعشوائية السماح بالإستزراع السمكى فى مجرى النيل – وهو أمر شاذ وقرار أكثر شذوذا لا يسمح به إنسان لديه ذرة من عقل أو نصيب من التعليم فى بلد تمتد شواطئه لآلاف الكيلومترات على بحرين رئيسيين ويخترقه مجرى أطول أنهار العالم وثانيها من حيث الحجم وتوجد به أحد أكبر البحيرات والعديد من مثيلاتها – يضيف مزيدا من المخلفات الخطرة إلى مجرى النيل ويفاقم من مشاكل تراكم الملوثات العضوية وبقايا الإستزراع فى مصدر مياه الشرب الرئيسى لمعظم الأحياء وعشوائية السماح بإقامة مشروعات التنمية الحيوانية كمزارع الدواجن داخل نطاق الحيز السكانى الحضرى يتسبب فى التلويث المستمر والدائم للبيئة المحيطة بمخلفات هذه الأنشطة ويمثل عبئا كبيرا على خطط وإمكانيات معالجة مشاكل هذه المخلفات إضافة إلى ما يمثله من أخطار داهمة على صحة الأحياء الذين يحيون فى نطاقه مثلما هو الحال مع عواقب نكبة توطُن مرض

إنفلونزا الطيور فى مصر.

٣. المعوقات العلمية : تشكل المعوقات العلمية فى مصر - بالإضافة إلى المعوقات المالية والإدارية السابقة - حاجزا منيعاً أمام أى جهدٍ مبذول فى مجال الأبحاث والدراسات الهادفة إلى إيجاد حلول سليمة وإقتصادية لمشاكل إنتاج وتراكم المخلفات وإستحداث الوسائل الفعالة ذات التقنيات الحديثة فى مجال الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية لمواجهة آثارها الضارة وأخطارها التى تهدد جميع النواحى البيئية فى كافة مناحى الوطن. فمازال الوعى العلمى المطلوب بجوانب وأخطار هذه المشكلة قاصرا عن الإحاطة بها ومازال الإدراك اللازم لضرورة البدء فى إعداد خطة سليمة متكاملة للتحرك الواجب إتخاذه نحوها غائبا بين المسؤولين عنها ومازال الإلتزام الحقيقى بتوفير المخصصات المالية الكافية والتسهيلات الإدارية والكوادر العلمية المدربة لإجراء الأبحاث الجادة الهادفة إلى إستحداث التقنيات اللازمة لمواجهة آثارها الضارة والخطيرة حبرا على ورق لا يلوح فى الأفق القريب أو البعيد بصيصُ أمل فى ترجمته إلى واقع ملموس لا غنى عنه ولا بديل له لتوَّقى الأخطار البيئية والصحية الجسيمة لهذه المخلفات التى تحيقُ بنا ولضمان الحياة فى بيئة نظيفة آمنة.

٤. المعوقات الإجتماعية : تُشكِل المعوقات الإجتماعية السائدة حاليا بين معظم جموع الشعب المصرى والمتمثلة فى العديد من السلوكيات الخاطئة والقيم الشاذة والعيوب الشخصية منبعا لا يمكن تجاهله أو الإعراض عنه كأحد الأسباب الهامة فى حدوث مشكلة تراكم المخلفات وفى تفاقم آثارها الضارة فى البيئة التى يَحْيَوْنَ فيها. وتتنوع مظاهر هذه المعوقات تنوعا كبيرا متفاوتا يشمل جميع جوانب هذه المشكلة بدءا من الإستهلاك الغذائى الترفى المُبالَغ فيه من قبل بعض الطبقات مرورا بأسوأ طرق التخلص من المخلفات التى يتبعها المصريون بإلقائها فى الشوارع والطرقات ووصولا إلى تحايل وتواطؤ وفساد الشركات الصناعية والزراعية الكبرى لصرف مخلفاتها الخطيرة والسامة والقاتلة أحيانا بأقل تكلفة مُعالَجَة ممكنة بل وبغير معالجة أيضا بغض النظر عن المصب الرئيسى لهذه المخلفات سواء أكان مجرى نهر النيل أو الأراضى الزراعية المحيطة بها أو المناطق السكنية المجاورة لها وبدون إهتمام لما يتسبب فيه هذا المسلك الإجرامى من أضرار تطول جميع نواحى البيئة المعرضة لعواقبه ومضاعفاته.

عاشراً : توصيات الدراسة

أولاً : التوصيات المرتبطة بموضوع الدراسة

١. توفير الدعم المالى والإدارى والعلمى الضرورى لمشروعات الأبحاث فى مجالات إستحداث وتحسين وزيادة كفاءة تقنيات التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية المختصة بمواجهة المشاكل العديدة لمختلف أنواع المخلفات لتقليل أضرارها والإستفادة منها.

٢. تطبيق تقنيات التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية المستخدمة عالميا في مجال تدوير المخلفات الزراعية والاهتمام بإنتاج ميكروبات محورة وراثيا ذات كفاءة عالية في تحليل المخلفات الزراعية وانتاج الأسمدة العضوية والغاز الحيوى

من هذه المخلفات.

٣. ضرورة مراجعة خطط الأبحاث المزمَع إجراؤها فى هذا المجال والتى يجب أن تركز على تقنيات تصميم وتصنيع وإنتاج البروتينات والإنزيمات والمنتجات البيولوجية الأخرى المطلوبة على نطاق تجارى حسب الطلب نظرا لأفضلية هذا الإتجاه على تقنيات الهندسة الوراثية وتطبيقات التكنولوجيا الحيوية المستخدمة حاليا التى تعتمد على إحداث وإستحداث طفرات وراثية فى كائنات دقيقة حية لتقوم بعد ذلك بإنتاج هذه المواد البيولوجية.

٤. أهمية إعادة ترتيب أولويات البحوث العلمية فى مجال معالجة المخلفات لتحظى أبحاث النانوتكنولوجى والنانوبيوتكنولوجى بما تستحقه من دعم وتشجيع وإهتمام فى ضوء ما يمكن تحقيقه من خلالها من فوائد بيئية وإقتصادية وعلمية لا حصر لها فى هذا المجال مقارنة بوسائل وتقنيات الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية الحديثة حيث نتوقع أن تسود تقنيات النانوبيوتكنولوجى والنانوتكنولوجى وأن تتصدر قائمة الوسائل الأكثر فعالية والأكثر تخصُّصا والأكثر أمانا التى تعتمد عليها منظومة معالجة المخلفات فى تحقيق أهدافها.

٥. البدء بمشروع قومي لنشر تكنولوجيا إنتاج الغاز الحيوي في ريف مصر كوسيلة لانتاج الطاقة الغازية ومعالجة المخلفات الحيوانية والآدمية وإنتاج السماد العضوي المثبت.

٦. البدء بمشروع قومي لنشر تكنولوجيا الكمر الهوائي للمخلفات الزراعية لإنتاج السماد العضوي المثبت (الكمبوست) لزيادة الانتاج الزراعي وذلك على المستوى الصناعي ومستوى المزارع الإنتاجية الكبيرة وأيضا على مستوى المزارع الصغيرة والفردية.

٧. استخدام تكنولوجيا الهضم اللاهوائي كأحد الطرق الملائمة والمتميزة بأنخفاض تكلفة الإنشاء والتشغيل للتخلص من المخلفات فى المجتمعات الريفية والبدوية.

٨. استخدام تكنولوجيا المعالجة الميكروبيولوجية والفطرية لهضم المواد اللجنوسيليوزية المتوافرة فى المخلفات الزراعية لتحسين قيمتها الغذائية وإستخدامها كعلف مفيد للحيوانات وفى هذا الصدد توصى الدراسة بالاهتمام بالأبحاث الرامية إلى إستحداث سلالات الأكتينومايسيتيس لقدرتها على تحليل المركبات العضوية المعقدة من سرسة الأرز وريش الدجاج وغيرها لانتاج مركبات ذات قيمة اقتصادية عالية القيمة مثل السليكا جيل واللجنين. كما أنها تتميز بقدرتها العالية على النشاط فى درجات حرارة مرتفعة لا تتحملها كثير من الكائنات الدقيقة الأخرى.

٩. الاستفادة القصوى من مخلفات مصانع الاغذية المختلفة حيث يمكن بمعاملة هذه المخلفات بمرشحات بيولوجية ميكروبية خاصة تحويل نسبة كبيرة منها إلى مواد وسيطة يمكن إستغلالها لإستخلاص العديد من أنواع الزيوت العطرية وكثير من الانزيمات وغيرها من المركبات المستخدمة في الأغذية والصناعة إضافة إلى تحويل الباقى منها إلى علف للحيوان ذى قيمة غذائية عالية.

١٠. وضع المفاهيم الحديثة لمعالجة مشاكل المخلفات موضع التنفيذ والإلزام لكل الجهات ذات الصلة بها مثل مفاهيم إعادة التدوير وإعادة الإستخدام للمخلفات ومفاهيم الوقاية المُسْبقة فى المراحل السابقة لإنتاج المخلفات لتقليل حجم

الناتج منها ولتقليل نسب الملوثات الضارة والسامة بها.

ثانياً : التوصيات العامة

١. نظرا للجوانب العديدة التى أوضحتها الدراسة لمشكلة المخلفات فى مصر والتى تبين بجلاءٍ تام أنها مشكلة قومية خطيرة عامة ذات أبعاد بيئية وصحية وإقتصادية وإجتماعية ووطنية متعددة تضُرٌ جميع فئات الشعب وتؤثر سلبياً على جميع أرجاء الوطن فإننا نقترح أن تتولى وزارة البيئة بإعتبارها الجهة الأولى المسؤولة عن ضمان نظافة وسلامة البيئة المسؤولية الكاملة عن مواجهة مشكلة المخلفات فى مصر وأن يُسْنَد إليها الإشراف الكامل والتام على الجهات المسؤولة عن النظافة ومواجهة مشاكل المخلفات فى جميع المحافظات ليس فقط للفشل الذريع الذى باءت به المحليات فى الإضطلاع بمهامها فى هذا الخصوص ولكن للحاجة الضرورية إلى المركزية الكاملة فى التخطيط والتمويل والمراقبة والمتابعة والتنفيذ لضمان نجاح حلول هذه المشاكل على أن يسبق هذه المسؤولية أو يتزامن معها توفير الإحتياجات المالية الكافية لتنفيذ هذه المهام.

٢. نظرا لظروف الفقر والقحط المائى التى تهدد العديد من دول العالم ومن بينها مصر حاليا ونظرا للكميات المهولة من مياه الصرف الزراعى الناتجة فى مصر والمقدرة بحوالي ١٢ مليار متر مكعب سنويا من مياه المصارف التى تهدر حاليا بصرفها مباشرة إلى البحر الأبيض المتوسط والبحيرات الساحلية المتصلة به (المنزلة . البرلس . ادكو . مريوط) فإن الإستفادة من هذه المياه بعد معالجتها يجب أن يمثل هدفا قوميا تتضافر كل الجهود لتحقيقه حيث يمكن الإستفادة من معظم هذه المياه المهدرة بعد معالجتها المعالجة الصحيحة للتخلص من ملوثات وأضرار مركبات الصرف الصحي والصناعي التى تحويها وهو أمر يمكن تحقيق الكثير من مراميه بالوسائل التقليدية ووسائل وتقنيات التكنولوجيا الحيوية والتكنولوجيا الهندسية الحديثة.

٣. نظرا للطبيعة الخاصة للمخلفات بإعتبارها نتاجا دائما ومتجددا ومستمرا لا مفر منه للأنشطة البشرية المختلفة ما دامت الحياة فقد يكون من الضرورى البدء منذ الآن فى مراعاة وإعادة النظر فى الأصول السليمة للتخطيط العمرانى والتى تقضى بتحديد مناطق العمران المختلفة (المناطق السكنية . المناطق الزراعية . المناطق الصناعية) وفصلها جغرافيا تبعا للقواعد المتبعة فى هذا الشأن لضمان سلامة المناطق السكنية من أخطار التلوث بالمخلفات الزراعية والصناعية ولتقليل تكلفة المعالجة لمخلفات المناطق الزراعية والصناعية لوجودها فى حيز عمرانى واحد ولتحقيق التكامل الأمثل فى إعادة تدويرها وإعادة إستخدامها لقربها من بعضها البعض إضافة للعديد من الفوائد البيئية والإقتصادية والإجتماعية الأخرى.

٤. نظرا للطبيعة الخاصة للمخلفات بإعتبارها نتاجا دائما ومتجددا ومستمرا لا مفر منه للأنشطة البشرية المختلفة ما دامت الحياة فإنه من المنطقى أن تتضمن المناهج التعليمية والدراسية منذ البداية منهجا خاصا بها يتناول ويوضح جميع

جوانبها المختلفة لتكوين ونشر الوعى البيئى بها وهو أمر هام ولا غنى عنه لتقليل أضرارها كما إنه من المنطقى أن يكون موضوع معالجة المخلفات منهجا وعلما قائما بذاته يخصص له قسم مستقل فى الكليات الخاصة بعلوم البيئة وعلوم التكنولوجيا المختلفة.

٥. ضرورة إعادة النظر فى قرار السماح للقطاع الخاص بالإستثمار فى مجال المرافق العامة ومن بينها مرفقى المياه والصرف الصحى نظرا للأهمية الحيوية لهذين المرفقين على وجه الخصوص فى حياة البشر وفى ضمان سلامة جميع نواحى البيئة. ففى ضوء المبادىء الإقتصادية الحاكمة لمفاهيم وأهداف رأس المال الخاص التى لا تأبه لشيء سوى الربح ايا ما كان مصدره وفى ضوء العواقب السلبية والكارثية الظاهرة لكل ذى عين لهذه المفاهيم التى تحكم رأس المال الخاص فى مصر على وجه التحديد وفى ضوء التكلفة الباهظة للتقنيات الوقائية والعلاجية لمشاكل مخلفات الصرف الصحى التى سبق الإشارة إليها فى سياق الدراسة فإن هذا القرار بالسماح للقطاع الخاص بالإستثمار فى هذا المجال تحديداً يحمل فى طياته أخطارا داهمة على حياة المصريين وعلى جميع جوانب البيئة المصرية يصعب إن لم يكن مستحيلا تدارك آثارها مما يستدعى إعادة النظر فيه وإتخاذ القرار النهائى بشأنه من قِبَل العلماء والخبراء والمختصين وليس من قِبَلْ الوزراء أو الموظفين الذين لا يكادون يُلمُّون بأى من جوانب هذه الأخطار.

٦. ضرورة إستكمال شبكة الصرف الصحي بجميع مناطق الوطن وربطها بمحطات المعالجة وضمان عدم تسربها إلى المياه الجوفية أو إلى مياه النيل وعدم صرفها فى البحر لتفادى تأثيراتها الضارة على التوازن البيئى لمياه البحار وما يتبعه من أضرار إقتصادية نتيجة تأثيراتها السلبية على الثروة السمكية فيها.

٧. ضرورة إدراك الأهمية الحيوية لنهر النيل من قِبَلْ المسؤولين عن حمايته مما يستدعى تفعيل قرارات وقوانين حظر تلويثه بأى من أنواع المخلفات وحظر أنشطة الإستزراع السمكى القاتلة فى مجراه وحظر تلويث مياه بحيرة السد بمخلفات الأنشطة السياحية التى تتوسع فى مجالها توسُّعا ينذر بالخطر وإعادة دراسة الآثار البيئية السلبية المترتبة على القرار العشوائى بالتوسع فى إستخدام نهر النيل كوسيلة مواصلات بما سوف يترتب عليه من زيادة تلويثه بمخلفات الصرف الصحى ومخلفات الوقود الناتجة من هذه الوسائل.

٨. الإلتزام بالمواصفات العالمية الخاصة بالإستخدام الأكثر أمانا والأقل ضررا للأسمدة والمبيدات الكيميائية فى الأغراض الزراعية وتوفير التوجيه الإعلامى والتدريبى والفنى الكافى والجاد للمزارعين حول السبل السليمة لإستخدامها لتقليل الآثار الخطيرة المترتبة على وجودها بنسب عالية فى مخلفات الصرف الزراعى.

٩. الإلتزام بالمواصفات العالمية الخاصة بالإستخدام الأكثر أمانا والأقل ضررا للمواد الكيميائية الإبتدائية والوسيطة فى الأغراض الصناعية وحظر ما لا يجب إستخدامه منها وتوفير البدائل الفعالة الأكثر أمانا لتقليل الآثار الخطيرة المترتبة على وجودها بنسب عالية فى مخلفات الصرف الصناعى.

١٠. حظر الترخيص لأى مشروع منتج لأى نوع من المخلفات الملوثة للبيئة إلا بعد تقديم دراسة كاملة للآثار البيئية المتوقعة والوسائل الإستباقية أو الفعلية لهذه الآثار والتى يجب أن تكون متوافرة مع بدء النشاط الخاص بالمشروع.

١١. إلزام المنشآت الزراعية والصناعية وأية منشآت أخرى قائمة منتجة للمخلفات بتحديث وتطوير تقنيات الإنتاج وتقنيات التخلص من هذه المخلفات لتتوافق مع المفاهيم السليمة فى هذا المجال لحماية البيئة من أضرار المخلفات المنتجة مع تقديم الدعم العلمى والتقنى لها لمساعدتها على الإلتزام بهذه المفاهيم وفرض العقوبات الرادعة عليها فى حال عدم الإلتزام بها خلال فترة محددة.

١٢. فرض رسوم حماية بيئية باهظة على المشروعات الملوثة للبيئة التى تستخدم الوسائل التقليدية فى معالجة أضرارها مع تحميلها التكلفة الكاملة لمعالجة هذه الأضرار وإغلاق الصناعات التى تستخدم تقنيات قديمة قليلة الفاعلية وغير قابلة للتحديث لا تضمن السلامة الكاملة للبيئة من هذه الأضرار والآثار البيئية السلبية.

١٣. حظر الإحراق العشوائي للنفايات وخاصة التى تحتوى على ملوثات سامة ومنع استعمال أنواع الوقود التي تحتوي على نسب عالية من الكبريت غير المسموح بها حسب المواصفات البيئية العالمية.

١٤. تشجيع صناعات إعادة التدوير لمخلفات القمامة وغيرها والتى تصلح لذلك مثل الزجاج والورق والبلاستيك والحديد والنفايات العضوية عن طريق منحها إمتيازات ضريبية وتسويقية وتصديرية .. إلخ.

١٥. حظر إستيراد النفايات والمخلفات أيا ما كان الغرض من ذلك كتدويرها وإعادة إستخدامها أو لإستعمالها كمواد أولية أو مواد وسيطة فى الإنتاج .. إلخ بسبب الأضرار البالغة لهذا النشاط المشبوه.

١٦. إنشاء منظومة قومية لضمان سلامة البيئة المصرية من أضرار المخلفات نقترح أن تشمل :

أ. شبكة قومية حديثة لمراقبة التلوث البيئى سواء فى الهواء أو الماء أو التربة بواسطة تقنيات النانوتكنولوجى والنانوبيوتكنولوجى المستحدثة فى هذا المجال والتى تتميز بحساسيتها العالية وقدرتها الفائقة على التنبؤ المبكر بأى مصادر للتلوث البيئى.

ب. جهازا تنفيذيا كُفْؤاً يتكون من العلماء والخبراء المتخصصين فى وسائل وأساليب وتقنيات معالجة ومواجهة مصادر هذا التلوث.

ت. جهازا تنفيذيا كُفْؤاً يتكون من العلماء والخبراء المتخصصين فى مشاكل البيئة يكون مسؤولا عن فحص الدراسات البيئية الخاصة بأى منشأة منتجة للمخلفات وضمان توافر وسائل معالجة هذه المخلفات ويكون قراره بالموافقة أو عدم التصريح بالترخيص لها لبدء الإنشاء والإنتاج إلزاميا لجميع الجهات المختصة بالنواحى الأخرى لهذا النشاط.

ث. جهازا تنفيذيا كُفْؤاً يتكون من العلماء والخبراء المتخصصين يكون مسؤولا عن المتابعة والمراقبة المستمرة والمنتظمة لمدى إلتزام المنشآت القائمة المنتجة للمخلفات بالقواعد الواجب إتباعها فى شأن الإنتاج والتخلص من المخلفات ويكون له الكلمة الأخيرة فيما يخص وقف النشاط وفرض العقوبات فى حالة عدم الإلتزام بهذه القواعد.

ج. جهازا علميا كُفْؤاً يتكون من العلماء والخبراء المتخصصين والباحثين يكون مسؤولا عن الأبحاث المخططة فى شأن إستحداث تقنيات تكنولوجية وبيوتكنولوجية وأساليب فعالة وآمنة وإقتصادية لمعالجة مشاكل المخلفات والتلوث ولتحسين وتعظيم كفاءة التقنيات المتاحة الحالية على أن يخصص له الدعم المالى والإدارى الكافى لتأدية هذه المهام. ويمكن أن يكون تسويق تقنيات ونتائج هذه الأبحاث مفروضا بصفة إلزامية على جميع المنشآت المنتجة للمخلفات لتوفير التمويل المطلوب لها بصفة دائمة.